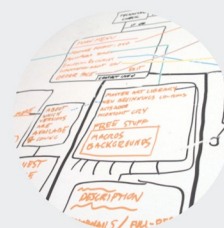
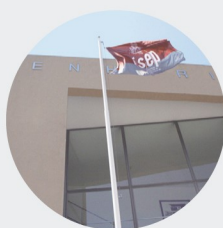




MELHORIA E AUTOMATIZAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI

JOÃO MARCOS GONÇALVES LEÃO

novembro de 2020



MELHORIA E AUTOMATIZAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI

JOÃO MARCOS GONÇALVES LEÃO
2020

MELHORIA E AUTOMATIZAÇÃO DA FERRAMENTA

ERGOSAFECI

João Marcos Gonçalves Leão
1140646

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

MELHORIA E AUTOMATIZAÇÃO DA FERRAMENTA

ERGOSAFECI

João Marcos Gonçalves Leão
Estudante n.º 1140646

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação de Marlene Ferreira Brito.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Marlene Ferreira Brito

Professor/a Coordenador/a, Instituto Superior de Engenharia do Porto

PALAVRAS CHAVE

Ferramenta de apoio à decisão, User Friendly, Melhoria Contínua, *Lean*, Segurança no trabalho, Ergonomia.

RESUMO

A realização desta Tese tem por base a melhoria de uma ferramenta (ErgoSafeCI) que contém várias medidas de carácter operacional, de métodos e ferramentas *Lean* combinadas com a segurança e a ergonomia nos locais de “criação de valor”, como por exemplo uma linha de produção.

Como o objetivo da ferramenta passa por apoiar a melhoria de um posto de trabalho considerando os aspetos ergonómicos e de segurança, tornou-se então também necessário abordar a ferramenta com o objetivo de a tornar mais *user friendly* e mais intuitiva, de maneira a que qualquer pessoa menos instruída a possa utilizar.

A melhoria da ferramenta passa por: tornar o processo de realização do questionário mais simples e intuitivo através da utilização de userforms e de código VBA; tornar a apresentação da ferramenta mais *clean* e também automatizar o processo de obtenção da avaliação final e das áreas a trabalhar.

A busca incessante pela melhoria da eficiência dos processos e pela melhoria do bem-estar dos trabalhadores, fez com que os princípios e os métodos *Lean*, assim como a segurança e a ergonomia fossem exaustivamente estudados e trabalhados para atingir esse objetivo. Isto consegue-se recorrendo a um processo iterativo entre a teoria e os conhecimentos práticos.

O significado da obtenção de uma alta pontuação através desta ferramenta significa que existe uma boa relação entre a metodologia *Lean*, a segurança e a ergonomia.

Para que a implementação ocorra com sucesso, os responsáveis pela implementação devem começar com uma avaliação *Lean* e acompanhá-la regularmente. Existe a possibilidade de realizar uma avaliação com recurso a várias ferramentas *Lean* existentes, no entanto com recurso à ferramenta apresentada neste trabalho, é possível proceder a uma avaliação que avalie a parte *Lean*, a segurança no trabalho e a ergonomia em simultâneo.

Este trabalho teve ainda uma contribuição científica através da escrita de um artigo que se encontra aprovado para publicação. A elaboração deste artigo permitiu desenvolver competências, como capacidade de trabalhar sob pressão e resolução de problemas.

Permitiu ainda desenvolver o espírito de trabalho em equipa, visto que foi desenvolvido com outros colegas.

KEYWORDS

Decision Support Tool, User Friendly, Continuous Improvement, Lean, Safety at Work, Ergonomics.

ABSTRACT

The execution of this thesis has the improvement of the tool (ErgoSafeCI) as a basis, which contains several measures of an operational character, of methods and Lean tools combined with security and ergonomics in the locations of "value creation", for example on a production line.

As the objective of the tool is to improve a workplace by improving processes, improving the ergonomics of the station, reducing waste and among other possibilities, it also became necessary to approach the tool with the aim of making it more user friendly and more intuitive, so that anyone less educated can use it.

The improvement of the tool involves: making the process of conducting the questionnaire simpler and more intuitive, through the use of userforms and VBA code; make the presentation of the tool cleaner and also automate the process of obtaining the final assessment and the fields to be worked on.

The ceaseless search for an improvement of the tactic's efficiency and the well-being of the workers, has made the principles and Lean methods, as well as the security and ergonomics to be exhaustively studied and worked on to achieve this goal. This can happen using an interactive procedure between the theory and the practical knowledge.

The meaning of obtaining a high score through this tool means that there is a good relation between Lean methodology, security and ergonomics.

For the implementation to be successful, the responsible people for the implementation should start a Lean evaluation and accompany her regularly. There is the possibility to carry out an evaluation using several existing Lean tools, however using the tool presented in this work, it is possible to carry out an evaluation that evaluates the Lean part, safety at work and ergonomics simultaneously.

This work also had a scientific contribution through the writing of an article that is approved for publication. The preparation of this article allowed to develop skills, such as the ability to work under pressure and problem solving. It also allowed to develop the spirit of teamwork, since it was developed with other colleagues.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

| Termo | Designação |
|-------|--|
| MSD | Musculoskeletal Disorders (Distúrbios Musculoesqueléticos) |
| VSM | Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor) |
| WIP | Work In Progress (Trabalho em curso) |
| JPG | Joint Photographic Group |

GLOSSÁRIO DE TERMOS

| Termo | Designação. |
|----------------------|--|
| <i>Lean</i> | Enxuto. Magro. |
| <i>Leanness</i> | Nível de otimização/simplificação. |
| <i>Pull-Flow</i> | Fluxo puxado. |
| <i>User Friendly</i> | Facilmente utilizável. Interface simples. |
| <i>Benchmark</i> | Uma referência no ramo. Algo a seguir. |
| <i>Web</i> | Todo o conteúdo que um usuário final pode aceder na rede. |
| <i>Layout</i> | Planta de um posto de trabalho. Disposição. |
| <i>Green</i> | Ecológico. Sustentável. |
| <i>Mindset</i> | Mentalidade. Pensamento. |
| <i>Setup</i> | Preparação. |
| <i>Time</i> | Momento. Tempo. |
| <i>Framework</i> | Conjunto de conceitos usado para resolver um problema. |
| <i>Growing</i> | Em progressão. Crescente. |
| <i>Developing</i> | Em desenvolvimento. Em formação. |
| <i>Sprints</i> | Corridas. Acelerações. |
| <i>Leap</i> | Salto. Dar um passo em frente. Passar ao próximo nível. |
| <i>Value streams</i> | Fluxos de valor. |
| <i>Userform</i> | É uma janela ou caixa de texto que faz a interface entre um usuário e um aplicativo. |
| <i>Time-based</i> | Dependente do tempo. Em função do tempo. |
| <i>Checklist</i> | Lista de verificação. |
| <i>Scrum Master</i> | Mestre do Scrum. |
| <i>Product Owner</i> | Proprietário do produto. |
| <i>Team</i> | Equipa. |
| <i>Gemba</i> | É onde o trabalho realmente acontece. “Onde se cria valor” |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - EXEMPLO DE UM GRÁFICO RADIAL | 31 |
| FIGURA 2 - CRONOGRAMA (DIAGRAMA DE GANTT) | 34 |
| FIGURA 3 - EXEMPLO GRÁFICO DO PROCESSO SCRUM (HTTPS://USEMOBILE.COM.BR) | 44 |
| FIGURA 4 - GRÁFICO FINAL COM AS PONTUAÇÕES OBTIDAS | 51 |
| FIGURA 5 - INTERFACE DO MICROSOFT FORMS | 52 |
| FIGURA 6 - EXEMPLO DE UMA MACRO | 53 |
| FIGURA 7 - INTERFACE UTILIZADO PARA O UTILIZADOR RESPONDER ÀS QUESTÕES | 54 |
| FIGURA 8 - JANELA COM AS PONTUAÇÕES FINAIS E ÁREAS A TRABALHAR ORDENADAS PELA SUA PRIORIDADE | 54 |
| FIGURA 9 - EXEMPLO DE EDIÇÃO DE UM LAYOUT EM UM USERFORM | 55 |
| FIGURA 10 - CÓDIGO VBA ASSOCIADO À JANELA INICIAL | 57 |
| FIGURA 11 - CÓDIGO VBA ASSOCIADO À JANELA DE PREENCHIMENTO DO CABEÇALHO | 58 |
| FIGURA 12 - CÓDIGO VBA ASSOCIADO À JANELA QUE SELECIONA A APLICABILIDADE DE UM CAPÍTULO | 59 |
| FIGURA 13 - CÓDIGO VBA ASSOCIADO À JANELA ONDE SE SELECIONA A RESPOSTA À PERGUNTA DO QUESTIONÁRIO | 59 |
| FIGURA 14 - CÓDIGO VBA ASSOCIADO À JANELA DE CONCLUSÃO DO QUESTIONÁRIO | 60 |
| FIGURA 15 - CÓDIGO VBA ASSOCIADO À JANELA FINAL ONDE SÃO APRESENTADOS OS RESULTADOS | 61 |
| FIGURA 16 - COMPARAÇÃO DA FERRAMENTA ANTES E DEPOIS DAS ATUALIZAÇÕES (APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA E PREENCHIMENTO DO CABEÇALHO) | 66 |
| FIGURA 17 - COMPARAÇÃO DA FERRAMENTA ANTES E DEPOIS DAS ATUALIZAÇÕES (REALIZAÇÃO DO QUESTIONÁRIO) | 67 |
| FIGURA 18 - COMPARAÇÃO DA FERRAMENTA ANTES E DEPOIS DA ATUALIZAÇÃO (APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS) | 68 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE PERFORMANCE / EFICIÊNCIA | 47 |
| TABELA 2 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE MELHORIA CONTÍNUA | 47 |
| TABELA 3 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO | 48 |
| TABELA 4 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE STANDARDS E GESTÃO VISUAL | 48 |
| TABELA 5 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE OPERAÇÃO E PROCESSOS | 49 |
| TABELA 6 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE FLUXO DE MATERIAL E PRODUTO | 49 |
| TABELA 7 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE ZERO DEFEITOS | 49 |
| TABELA 8 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE ERGONOMIA FÍSICA | 50 |
| TABELA 9 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE ERGONOMIA ORGANIZACIONAL E COGNITIVA | 50 |
| TABELA 10 - QUESTÕES ALOCADAS AO INDICADOR DE DISCIPLINA / SUSTENTABILIDADE | 51 |

ÍNDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 25 |
| 1.1. | Contextualização | 26 |
| 1.1.1. | Metodologia <i>Lean</i> | 26 |
| 1.1.2. | Ergonomia..... | 29 |
| 1.1.3. | Ferramenta ErgoSafeCI | 30 |
| 1.2. | Objetivos | 32 |
| 1.3. | Metodologia | 33 |
| 2. | ENQUADRAMENTO TEÓRICO | 37 |
| 2.1. | Auditorias baseadas em Ferramentas <i>Lean</i> | 38 |
| 2.2. | Integração de fatores humanos na avaliação <i>Lean</i> | 40 |
| 2.3. | Evolução das ferramentas de avaliação <i>Lean</i> que consideram os fatores ergonómicos e humanos | 41 |
| 2.4. | SCRUM | 43 |
| 3. | DESENVOLVIMENTO | 47 |
| 3.1. | Análise da ferramenta | 47 |
| 3.2. | Análise de melhorias a implementar | 52 |
| 3.3. | Processo de Melhoria de Ferramenta | 55 |
| 3.3.1. | Criação dos layouts para cada userform – 1º Fase | 55 |
| 3.3.2. | Criação do código VBA para cada userform – 2º Fase | 57 |
| 3.3.3. | Atribuição de ferramentas / domínios a trabalhar – 3º Fase | 61 |
| 3.3.4. | Resolução de erros e melhoria de layouts – 4º Fase | 62 |

| | | |
|------|---|-----|
| 4. | CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS | 65 |
| 4.1. | Conclusões..... | 65 |
| 4.2. | Proposta de trabalhos futuros | 69 |
| 5. | BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO | 73 |
| | ANEXO I | 81 |
| | ANEXO II | 89 |
| | ANEXO III | 95 |
| | ANEXO IV | 99 |
| | ANEXO V | 105 |

INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

1.2. Objetivos

1.3. Metodologia

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação está enquadrada no âmbito da disciplina de DPEST (Dissertação / Projeto / Estágio), pertencente ao 2º ano do mestrado de Engenharia Mecânica no ramo da Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Nesta secção da dissertação será apresentado o enquadramento do tema e os motivos pelos quais houve a necessidade de realização deste trabalho. Para além disso também serão definidos os objetivos do trabalho e os métodos utilizados para resolver os problemas detetados.

A pressão que as empresas sofrem tem vindo a aumentar devido ao mercado de trabalho ser muito competitivo. Os desafios no mercado fazem com que as empresas evoluam e cimentem as suas capacidades para que consigam apresentar um produto/serviço competitivo no seu mercado. Existem vários aspetos que preocupam as empresas quanto à sua presença no mercado, sendo alguns deles: as tendências do mercado, a evolução das tecnologias e clientes cada vez mais exigentes e bem informados. As empresas têm dificuldade em identificar as suas áreas mais críticas e em priorizá-las de maneira a saberem onde devem introduzir melhorias e quando. Uma empresa que não consiga medir o desenvolvimento da mesma, também não conseguirá definir os seus objetivos para o futuro.

Diz-se que o mundo enfrenta uma crise de excesso de capacidade, prevista por alguns altos dirigentes da indústria, em que existe uma sobreprodução em mais de 8 milhões de unidades para além do necessário das vendas mundiais atuais. O mundo encontra-se com uma escassez aguda de capacidade de produção *Lean* competitiva e um excesso de produção em massa não competitiva (Womack, 1990).

As empresas vêm-se forçadas a melhorar a sua produtividade e a diminuir os custos com recurso à utilização da produção *Lean*, pois os seus padrões e ferramentas são os principais pontos chave que auxiliam os gestores e engenheiros a manter a empresa competitiva no mercado.

1.1. Contextualização

1.1.1. Metodologia *Lean*

De acordo com Womack et al. (1990), a produção *Lean* combina as vantagens da produção *Craft* e da produção em massa, evitando o custo elevado do primeiro e a rigidez do segundo.

A produção *Craft* recorre a trabalhadores altamente especializados e a simples, porém flexíveis ferramentas para criar exatamente o que o consumidor deseja, produto a produto. A produção à medida resulta na indústria da arte, dos supercarros e pouco mais. O grande problema da produção *Craft* é o custo de produção da mesma ser muito elevado para um consumidor com rendimentos médios auferir. Este problema fez surgir, como alternativa, a produção em massa no início do século 20. A produção em massa recorre a profissionais pouco qualificados na projeção de um novo produto e utiliza uma mão de obra não qualificada ou pouco qualificada, para trabalhar em equipamentos caros e com uma só função, ou pouco mais. Isto faz com que seja possível a produção de produtos padrão em grandes quantidades. Como existe o custo elevado dos equipamentos e a intransigência a interrupções na linha de produção, a produção em massa recorre a *buffers* (mais fornecedores, mais stock, mais horas produtivas, mais trabalhadores, mais espaço) para conseguir uma produção regular e constante. A mudança na produção para um novo produto acarreta custos elevados, sendo por isso preferível manter o produto em produção pelo maior tempo possível. Só assim é possível disponibilizar ao consumidor produtos com preços acessíveis, mas, no entanto, com baixa variedade (Doeringer, 2012).

Atualmente, o setor industrial em geral exige requisitos competitivos. A inovação e a melhoria contínua das metodologias existentes são processos essenciais para responder a essas necessidades. O impacto do preço nos processos de compra e venda de recursos, bem como nos custos associados aos processos de produção, omitindo requisitos de qualidade e prazos de entrega, obrigam muitas empresas a procurar alternativas através da implementação de metodologias nos seus sistemas de organização baseados nos princípios de produção *Lean* (Jiménez, 2019).

A produção *Lean* designa-se “*Lean*” porque utiliza menos em tudo quando comparado com a produção em massa. É necessária uma menor área de produção, menor esforço humano na produção, menos investimento em ferramentas, menos horas necessárias para o desenvolvimento de produto para os engenheiros, menos stock em armazém, e isto tudo resulta em produções com menos defeitos e uma grande e crescente variedade de produtos (Womack, 1990).

Uma das melhorias implementadas neste trabalho passa por eliminar processos *Muda* existentes anteriormente na ferramenta. Um exemplo de um processo *Muda* existente na ferramenta é o facto de o utilizador ter de inserir as respostas ao questionário de uma forma manual numa folha Excel. Com a atualização realizada neste trabalho o

utilizador terá apenas de responder às perguntas do questionário através da seleção da resposta numa janela com a pergunta.

Segundo Interview with William C. Kessler et al. (1999), a palavra *Lean* foi uma escolha infeliz. Pois a palavra leva a pensar em cortes e demissões. Na realidade *Lean* poderá significar mais em algumas áreas, como por exemplo, mais investimento na formação dos colaboradores para estes terem mais competências que lhes serão uteis no seu trabalho, ou então a empresa ter mais áreas de negócio para ser mais competitiva no mercado, entre outros. O pensamento *Lean* poderá ser aplicado de diferentes maneiras nas organizações que se encontram em diferentes fases da jornada *Lean*, não tendo esta um fim.

De acordo com Womack & Jones et al. (1996), existem 5 princípios intrínsecos do pensamento *Lean* que conduzem ao sucesso dos sistemas produtivos: identificar o valor, identificar o fluxo de valor, criar fluxo de valor contínuo, operar com base no sistema puxado, procurar incansavelmente a perfeição.

Algumas empresas focam-se no processo de melhoria continua através do uso da metodologia *Lean*, correspondendo isso à criação de fluxo de valor. No entanto é necessário que a intervenção seja focada na correta aplicação destes conceitos não esquecendo que se deve alcançar os resultados tendo sempre em conta o fator humano (Naranjo-Flores & Ramirez-Cárdenas, 2014). Garantir condições de trabalho seguras torna-se um fator crucial no aumento da participação dos trabalhadores nas atividades da empresa. Apesar de este fator ser constatado na descrição da indústria sustentável, algumas empresas ainda não conseguem integrar e desenvolver esta estratégia nos seus planos de sustentabilidade (Alayón, Säfsten, and Johansson 2017). Devido às dificuldades económicas ambientais e sociais, que advêm desde o aquecimento global à disposição de resíduos local, também existe uma necessidade de desenvolver a performance produtiva com o objetivo de diminuir a sua pegada ecológica, a utilização de matéria-prima e energia, os desperdícios e o número de desordens psicológicas ao nível dos recursos humanos (Kumar, 2014).

A implementação *Lean* é considerada como um processo ou uma jornada que não tem fim. Uma empresa que implemente a metodologia *Lean*, deve continuamente avaliar o seu progresso para identificar o nível de *Leanness* a que se encontra e também definir o caminho que deve seguir de maneira a conseguir ter desenvolvimento nesta matéria. As empresas devem saber “*how to start*” e “*how to proceed*”, além de estarem cientes das ferramentas disponíveis (Liker 1997). Para atingir este objetivo devem ser consideradas três atividades importantes: instrução *Lean*, *Value Stream Mapping* (VSM) e avaliação *Lean*. Todas estas atividades devem ser consideradas quando se está num ciclo de implementação *Lean* (Wan and Frank Chen 2008).

As empresas focam-se mais no esforço para se tornarem *Leaner* do que em avaliarem o quão *Lean* o sistema é (Wan & Chen, 2009). Entre o vasto conjunto de ferramentas *Lean*, a maior parte delas foram criadas com o objetivo de resolver problemas específicos, como por exemplo: nível elevado de trabalhos em curso; baixa disponibilidade dos

equipamentos; tempos de *setup* elevados. Apenas algumas ferramentas conseguem identificar áreas “frágeis” para melhorar, como por exemplo o VSM e as ferramentas de avaliação *Lean*.

Segundo Wan & Chen et al. (2009), o ato de escolher a ferramenta *Lean* correta e aplicá-la no *time* ideal e no local adequado, carece de um elevado nível de conhecimento e de experiência na implementação *Lean*, apesar de este nível de conhecimento não ser muito acessível. De acordo com Nawanir et al. (2016), as altas performances estão completamente dependentes da abrangência da implementação das práticas de produção *Lean*. Isto não acontece nesta ferramenta pois a sugestão das ferramentas a trabalhar é automática e também são priorizadas.

O conceito de auditoria tem evoluído ao longo do tempo, tendo havido alterações constantes no desenvolvimento organizacional e nos interesses em questão, e também os objetivos que lhe têm sido fixados. Inicialmente as auditorias visavam a descoberta de erros e negligências, mas com o desenvolvimento dos mercados, verificou-se um alargamento a outros domínios, assumindo assim formas específicas e especializadas.

Auditoria é um exame ou verificação de uma dada matéria, tendente a analisar a conformidade da mesma com determinadas regras, normas ou objetivos, conduzido por uma pessoa idónea, tecnicamente preparada, realizado com observância de certos princípios, métodos e técnicas geralmente aceites, com vista a possibilitar ao auditor formar uma opinião e emitir um parecer sobre a matéria analisada (Goncalves, 2013).

Segundo INTOSAI et al. (1999), a Auditoria é o exame das operações, atividades e sistemas de determinada entidade, com vista a verificar se são executados ou funcionam em conformidade com determinados objetivos, orçamentos, regras e normas.

Os processos de auditoria servem não só para transmitir segurança aos seus utilizadores, mas também para garantir a viabilidade e sustentabilidade da empresa aos *stakeholders*. Desta forma, a auditoria constitui uma mais-valia na relação assertiva, sustentada e consolidada que qualquer entidade deseja manter com os *stakeholders* (Gonçalves et al., 2016).

Windmöller et al. (2000) e Jensen & Payne et al. (2003), referem que os serviços de auditoria são procurados como mecanismos de monitorização devido aos conflitos de interesses potenciais entre proprietários e gestores.

Jensen & Payne et al. (2003) são da opinião que o processo da auditoria e o seu papel não é bem entendido, e investigações empíricas que estudam os antecedentes dos processos de auditoria e as ligações existentes entre os mesmos, a qualidade de auditoria e os honorários de auditoria, são limitadas.

Segundo Bashin et al. (2011) as auditorias permitem a uma organização perceber o ponto de situação em que estão e desenvolver um progresso contínuo, integrando os gestores em ações de previsão com responsabilidades atribuídas. Segundo Bashin: “Uma auditoria mantém as pessoas atentas às coisas que estão sob a sua responsabilidade. Colocar os teus trabalhadores envolvidos na sua parte do processo,

provoca aquela “faísca” que tu necessitas para colocar as pessoas focadas em todo o esforço *Lean*. E de repente ocorre a aceitação da cultura *Lean*. Isto trouxe uma mudança acentuada desde a utilização de indicadores numéricos de performance para o processamento de dados numéricos.”

1.1.2. Ergonomia

Existe uma ampla definição de ergonomia proposta pela *International Ergonomics Association* (IEA): “A Ergonomia está... preocupada com a compreensão das interações entre os humanos e outros elementos de um sistema, ...a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema”. Esta definição tem várias implicações:

1. A Ergonomia tem objetivos sociais e econômicos;
 2. A Ergonomia tem em consideração os aspetos físicos e psicológicos humanos;
 3. A Ergonomia procura melhorias nos domínios técnicos e organizacionais.
- (Tortorella, 2016).

Cerca de dois terços (64,2%) dos artigos científicos analisados são relacionados com a segurança no posto de trabalho e cerca de um terço (35,8%) dos artigos são relacionados com a ergonomia. Isto significa que num período recente (2015-2018) os investigadores empenharam-se mais no desenvolvimento dos aspetos de segurança do que no estudo das condições ergonómicas. No entanto, a ergonomia física e cognitiva está crescendo significativamente nos últimos dois anos. Esta condição salienta a necessidade de os trabalhos futuros se focarem no alinhamento dos esforços de pesquisa na segurança e na ergonomia (Gualtieri, Rauch, and Vidoni, 2020).

Os postos de trabalho *Lean* devem ser projetados sob a perspetiva do operador com o objetivo de diminuir os movimentos desnecessários e aumentar a concentração dos mesmos em tarefas mais minuciosas. Isto torna o processo de criação do *design* de um posto de trabalho uma fase muito importante para assegurar a eficácia, automatização e competitividade em ambientes de produção em massa, resultando na poupança de tempo, espaço, custos e *stocks* (Stock, 1991).

Aqlan et al. (2013) concluiu que uma estratégia ergonómica eficaz consegue aumentar a produtividade, diminuir as lesões no trabalho e melhorar o *design* e *layout* do posto de trabalho. Existe uma forte ligação entre a ergonomia do posto de trabalho e a produção *Lean*, pois os riscos ergonómicos normalmente levam a *muda* e vice-versa. Na verdade, um dos campos de aplicação da ergonomia, é a prevenção dos riscos profissionais no posto de trabalho e de Musculoskeletal Disorders (MSDs) (Naranjo-Flores and Ramirez-Cárdenas 2014).

MSDs são lesões dispendiosas quer para o empregador como para o trabalhador, pois existem custos no tratamento do mesmo e também a perda de horas produtivas do trabalhador (Sharan 2012). MSDs são, de acordo com um estudo realizado por Bevan et

al. (2015), responsáveis por 40% a 50% dos custos de todos os problemas de saúde relacionados com o trabalho.

Existem vários fatores responsáveis pela ocorrência de MSDs: fatores laborais, fatores clínicos (distúrbios físicos, predisposição genética e idade) e fatores de estilo de vida. Normalmente dois ou mais destes fatores desencadeiam MSDs (Anghel and Lungeanu 2007).

As empresas deveriam de considerar a ergonomia e a prevenção de MSDs como aspetos importantes do seu negócio através da sua inclusão nas práticas de gestão (Yazdani, 2018).

De uma perspetiva *Lean*, a ergonomia influencia positivamente a produtividade, remove barreiras para a qualidade e melhora a segurança dos trabalhadores (Tortorella, 2017).

De acordo com Yusuff & Abdullah et al. (2016), a ergonomia pode ser utilizada como uma ferramenta para reduzir os tempos de movimentações inúteis, através da identificação de fatores de risco ergonómico no processo produtivo.

Da perspetiva de um trabalhador, a consideração dos problemas ergonómicos relacionados com o *design* do posto de trabalho, assim como o acesso a materiais, equipamentos, ferramentas e comunicação entre trabalhadores, torna-se imprescindível para a segurança dos mesmos enquanto trabalham (Fiore, 2016).

1.1.3. Ferramenta ErgoSafeCI

A ferramenta ErgoSafeCI visa apoiar a melhoria contínua, considerando a ergonomia e as condições de segurança de um posto de trabalho tendo sempre em conta os indicadores de produtividade. A ferramenta baseia-se na constatação de que quando combinamos a utilização da cultura *Lean* com a procura do bem-estar dos trabalhadores no seu local de trabalho, automaticamente conseguiremos fazer com que a produtividade dos mesmos aumente e que os acidentes e o absentismo diminuam.

Os aspetos críticos necessários para se ter um posto de trabalho seguro, ergonómico e *Lean* são extremamente importantes na realização deste trabalho que tem como objetivo a melhoria da ferramenta ErgoSafeCI que mensura e avalia estes aspetos.

A ferramenta baseia-se numa lista de verificação que consiste em 83 questões de avaliação divididas em 10 secções, sendo elas a eficiência, melhoria continua, padrões de segurança, gestão visual, processos e operações, fluxo de material, zero defeitos, ergonomia organizacional e cognitiva e disciplina/sustentabilidade.

O resultado das respostas a estas questões é um indicador visual (gráfico radial), que apresenta o resultado obtido em cada uma das 10 secções anteriormente referidas. A ferramenta já foi testada em vários postos de trabalho e áreas de produção da indústria metalúrgica e de produção de embalagens de plástico, tendo por base nos resultados obtidos a criação de várias sugestões de melhoria com o objetivo de melhorar a

produtividade e o bem-estar dos trabalhadores. A Figura 1 demonstra um exemplo de um gráfico radial obtido através de uma experiência com pontuações aleatórias.

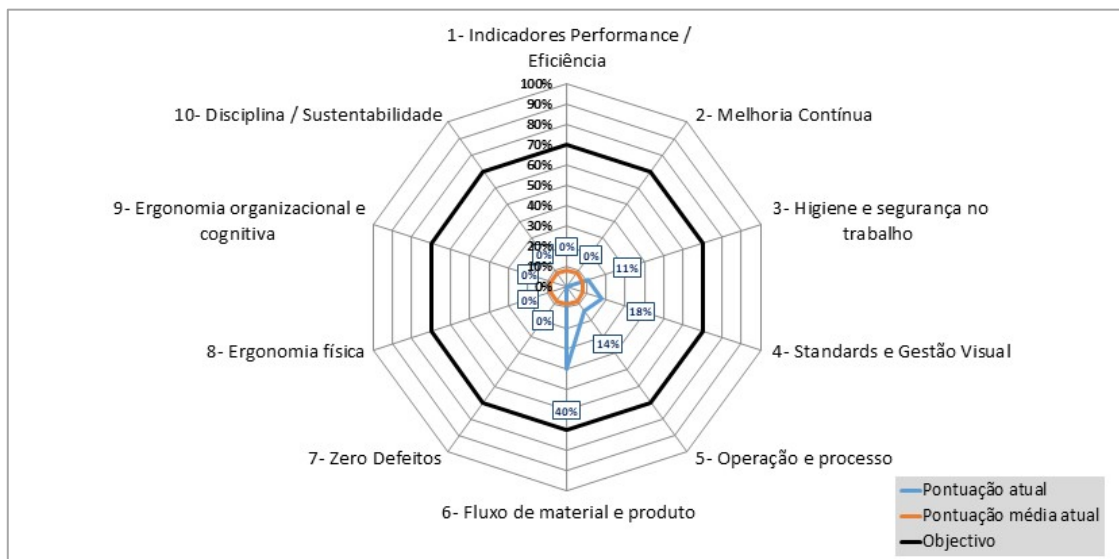


Figura 1 - Exemplo de um gráfico radial

O propósito desta ferramenta é que esta seja utilizada de uma forma regular como um modelo de autoavaliação a longo-prazo, sendo fundamentalmente criada para que os profissionais das indústrias a utilizem como uma ferramenta de apoio à decisão na implementação da melhoria contínua, considerando a saúde e o bem-estar dos trabalhadores.

O que torna esta ferramenta tão especial é o facto de ser a única que consegue avaliar em simultâneo as três dimensões já referidas: *Lean*, Ergonomia e Segurança.

Apesar de todas as virtudes apresentadas pela ferramenta, esta apresenta alguns pontos fracos ou, segundo o pensamento *Lean*, oportunidades de melhoria. Uma delas passa por torná-la mais automatizada, mais prática e à prova de possíveis erros de introdução. Por fim definiu-se também que a ferramenta precisava de apresentar uma imagem mais *clean* e que sugerisse ao utilizador ferramentas a usar como apoio à melhoria continua das áreas mais críticas.

Para sustentar este trabalho e identificar uma série abrangente de práticas de produção bem como alguns aspetos ergonómicos e de segurança, foi necessário analisar alguns artigos científicos sobre o assunto e também algumas atividades profissionais.

1.2. Objetivos

O principal objetivo do projeto é a melhoria de uma ferramenta (ErgoSafeCI) que contém várias medidas de carácter operacional, de métodos e ferramentas *Lean* combinadas com a segurança e a ergonomia nos locais de “criação de valor”, como por exemplo uma linha de produção.

A ferramenta (ErgoSafeCI) contém várias medidas de carácter operacional, de métodos e ferramentas *Lean* combinadas com a segurança e a ergonomia nos locais de “criação de valor”, como por exemplo uma linha de produção. O objetivo da ferramenta passa por apoiar a melhoria contínua de um posto de trabalho considerando os aspetos ergonômicos e de segurança.

Uma das melhorias implementadas neste trabalho consiste em disponibilizar ao utilizador da ErgoSafeCI as áreas a trabalhar e que ferramentas *Lean* utilizar para melhorar as áreas mais críticas.

A melhoria passará por tornar a ferramenta mais *user friendly* e remover qualquer *muda* que a ferramenta possa ter. Deste modo qualquer utilizador menos “instruído” conseguirá realizar uma avaliação a um posto ou sector industrial e identificar as áreas a melhorar, através do gráfico radial obtido. Este processo passará por:

- Tornar o input das respostas ao questionário mais intuitivo e menos fatigante para o utilizador, isto é, o utilizador conseguir realizar todo o questionário através da seleção da sua resposta em janelas;
- Automatizar o processo de obtenção do gráfico radial com as avaliações de cada área;
- Associar a cada pergunta do questionário, uma “área a trabalhar”;
- Automatizar o processo de obtenção da tabela com as “áreas a trabalhar” ordenadas de acordo com a sua prioridade de implementação;
- Melhorar o Layout da ferramenta. Torná-la mais *clean*.

1.3. Metodologia

De maneira a tornar o processo de melhoramento desta ferramenta mais rápido e flexível, recorreu-se então a uma framework de gestão dinâmica de projetos conhecida por SCRUM.

O que torna o SCRUM atraente para muitos gerentes de projetos é o facto de ser a melhor solução quando o objetivo é a flexibilidade. Em geral, a metodologia SCRUM compromete-se com as seguintes metas: melhorar o atendimento ao cliente, entregar o software de uma forma ágil, promover o trabalho de equipa entre desenvolvedores e as partes interessadas, medir os resultados com base no trabalho concluído, permitir que as equipas se auto-organizem (Ken Schwaber, 2004).

É um processo iterativo e incremental, que possui 3 pilares centrais:

- 1) Transparência dos processos, dos requisitos de entrega e status. Todos os aspetos significativos do processo como um todo devem estar visíveis e alinhados com todos os responsáveis pelos resultados;
- 2) Inspeção constante de tudo o que está a ser feito;
- 3) Adaptação tanto do processo, quanto do produto, que podem sofrer mudanças que necessitam de adaptação. Também é importante adaptar o SCRUM para a realidade e cultura da empresa.

Este processo tem a participação de 3 intervenientes:

- *Scrum Master*: responsável por ajudar a equipa a entender-se e manter vivos os princípios e práticas do SCRUM no dia-a-dia. Facilitando o trabalho, removendo barreiras e definindo objetivos para o próximo *Sprint* com o *Product Owner*.
- *Product Owner*: responsável por “tomar as rédeas” de liderança sobre o produto. Decide quais os recursos que serão construídos e qual a prioridade. Neste caso o orientador acarretou estes dois papéis dando assim o apoio necessário na existência de dúvidas e tomando decisões importantes durante o desenvolvimento e implementação das melhorias na ferramenta.
- *Team*: equipa desenvolvedora do projeto. É a equipa que define como as coisas serão feitas, assim como quais e quantas tarefas são possíveis de entregar. A equipa tem de se auto-organizar para atingir as metas estabelecidas pelo *Product Owner*.
Como este trabalho se insere na presente dissertação, a *Team* acaba por se compor apenas pelo autor da dissertação.

Com os benefícios obtidos desta metodologia de desenvolvimento ágil, a ferramenta será mais ajustada ao utilizador e o processo de desenvolvimento será mais flexível, com a segmentação do desenvolvimento da ferramenta em “funcionalidades” que no final se juntam para compor a ferramenta.

Pormenorizando este processo, no contexto desta investigação, foi feita uma análise inicial da ferramenta para ver que alterações precisavam de ser executadas. Após essa análise, conseguiu-se identificar as áreas a trabalhar. Nas próximas fases, as oportunidades de melhoria foram identificadas e procedeu-se às melhorias propostas. À medida que as melhorias foram implementadas, foram avaliados os resultados. No final, foram feitas análises dos resultados obtidos e comparações entre a situação inicial e final da ferramenta, a fim de entender os ganhos alcançados.

De maneira a gerir mais facilmente as tarefas já concluídas e as que faltam concluir, foi realizado um Diagrama de Gantt onde é possível verificar, de uma forma visual e instantânea, o ponto de situação das tarefas definidas pelo *Product Owner*.

O Diagrama de Gantt é uma ferramenta visual que controla o cronograma de um projeto ou de uma programação de produção, ajudando a avaliar os prazos de entrega e os recursos críticos. Na gestão do projeto, o gráfico mostra visualmente um painel com as tarefas que precisam ser realizadas, a relação de precedência entre elas, quando as tarefas serão iniciadas, sua duração, responsável e previsão de término. Desta forma fica mais simples conseguir fazer com que toda a equipa entenda as suas responsabilidades e também facilita o acompanhamento do projeto.

Na Figura 2 encontra-se o cronograma com uma janela temporal do projeto, a título de exemplo de como o Diagrama de Gantt funciona.

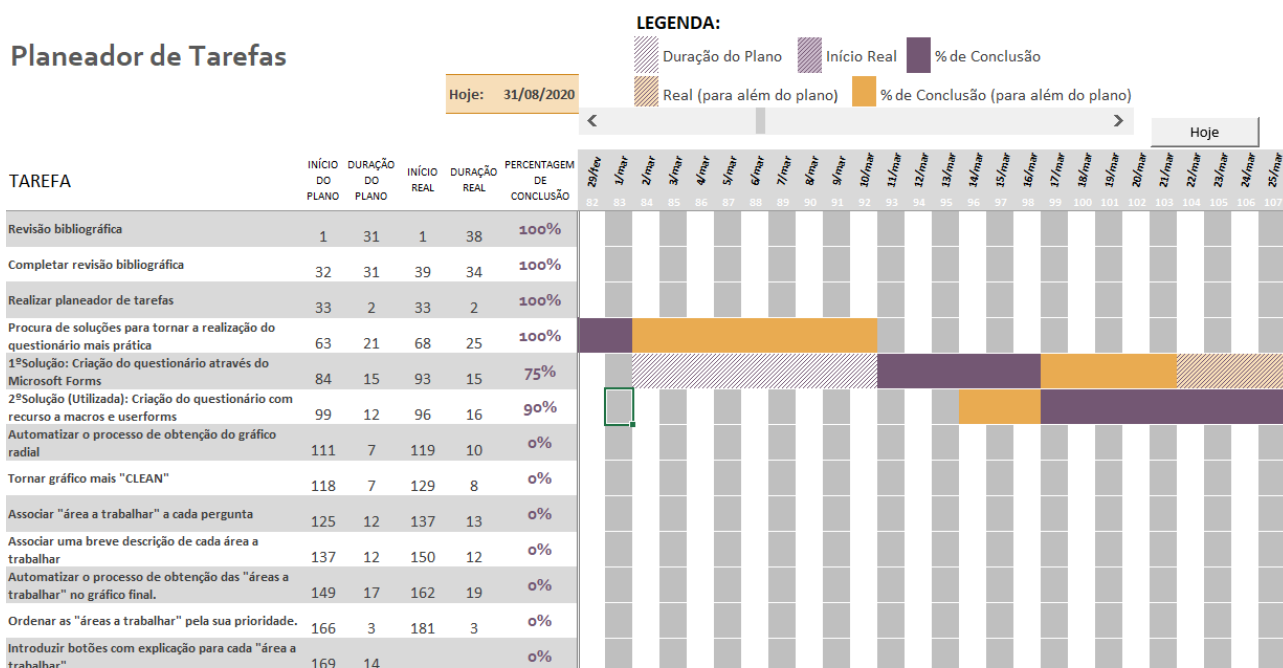


Figura 2 - Cronograma (Diagrama de Gantt)

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

- 2.1. Auditorias baseadas em Ferramentas *Lean*
- 2.2. Integração de fatores humanos na avaliação *Lean*
- 2.3. Evolução das ferramentas de avaliação *Lean* que consideram os fatores ergonómicos e humanos
- 2.4. SCRUM

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Com a publicação do livro “The machine that change the world”, as práticas de produção *Lean* encontraram aprovação em várias operações de fabrico, levando à decadência das técnicas mais tradicionais de produção em massa.

A mudança cultural deve ocorrer gradualmente e proporcionar um clima adequado para o sucesso a longo prazo, uma vez que uma implementação massiva pode levar a uma reação agressiva dos profissionais e reduzir sua motivação (Hess e Benjamin, 2015).

Apesar da existência de várias pesquisas publicadas acerca dos sistemas de produção *Lean* em várias áreas, o conceito permanece subdesenvolvido por duas razões. Uma é que não existe uma definição geralmente aceite, pois, diferentes autores definem *Lean* em relação aos seus objetivos e estes variam, sobrepõe-se e diferem em diferentes empresas. A segunda razão é que nenhum estudo desenvolveu uma unidade de medida que seja metódica e comparativa do sistema de produção *Lean*. Com isto duas empresas não conseguem avaliar o nível do seu progresso na produção *Lean* e também não se conseguem comparar entre si. (Bayou and de Korvin 2008).

Em 2003, Womack e Jones reuniram 5 elementos críticos da implementação *Lean*, nomeadamente: “*value*”, “*value stream*”, “*flow*”, “*pull*”, e “*pursuit of perfection*”. Ao utilizar o pensamento *Lean*, o *Value Stream Mapping* (técnica introduzida por Rocher e Shook em 1998) gerou uma ferramenta prática, simples e eficaz de orientação para a implementação *Lean*.

De acordo com Birkie et al. (2017), é essencial haver uma abordagem coerente em todas as fases de implementação do processo de mudança *Lean* para alcançar uma performance sustentável. Shruti e Ravi et al. (2017) identificaram erros processuais importantes em empresas, como por exemplo a existência de pesquisas descuidadas direcionadas a estruturas utilizadas atualmente e a falta de participação dos praticantes e consultores no desenvolvimento da estrutura *Lean*.

De acordo com Black et al. (2006) a implementação da filosofia *Lean* e os seus princípios, pode ser descrita como uma serie de ações e processos, sendo primeiramente necessário um planeamento das mudanças fundamentais e a definição dos fatores de sucesso, sendo depois necessário a implementação e acompanhamento / medição do progresso. Para cada um dos aspetos de melhoria, existem vários grupos de indicadores com uma serie de métricas que nos conseguem mostrar e medir o progresso da empresa / departamento, como por exemplo: a supressão de desperdício, melhoria continua, sistemas de fluxo continuo ou *pull-flow*, equipas multifuncionais e sistemas de informação.

Qualquer implementação *Lean* que não minimize o *Muri*, ou que aumente o mesmo, não deve ser tido em conta como um exemplo do “verdadeiro espírito *Lean*” (Cirjaliu & Draghici, 2016). *Muda*, *Muri* e *Mura* são três tipos de desperdício que se devem diminuir ou eliminar. *Muda* resumidamente significa a utilização de tempo, dinheiro e recursos em atividades que não criam valor para o cliente. *Muri* significa sobrecarga ou carga excessiva de um posto de trabalho / equipamento. Por fim, *Mura* consiste no desperdício obtido em produção com volume irregular, provocando um ritmo de produção diferente da carga de trabalho imposta.

2.1. Auditorias baseadas em Ferramentas *Lean*

Com a expansão do pensamento *Lean*, o ímpeto para trabalhadores e praticantes desenvolverem vários mecanismos e metodologias de avaliação do sistema com o objetivo de entender a eficácia da implementação do pensamento *Lean* também aumentou (Narayanamurthy & Gurumurthy, 2015). Todavia, maior parte das ferramentas *Lean* focam-se no processo “*how to become Leaner*” em vez de “*how Lean it is*”, isto é, focam-se mais no processo do que no resultado. Segundo Wan & Chen et al. (2008), a técnica VSM, as ferramentas de avaliação *Lean* e as medidas *Lean*, são as três principais categorias que dizem respeito ao nível de *Leaness*. Porém Narayanamurthy & Gurumurthy et al. (2015) constataram que o número de estudos de avaliação *Leaness* é baixo quando comparado com os da área de implementação *Lean*.

Hines & Rich et al. (1997) propuseram um novo programa no Reino unido, que se baseava em sete ferramentas e uma abordagem com cinco etapas, denominado por *Leap*. Devido à complexidade de abordagem do mesmo, este não foi mais explorado. Por outro lado, a técnica VSM tornou-se numa das ferramentas *Lean* mais utilizadas devido aos seus mapas (atuais e futuros) que visualizam o fluxo de *value streams* em conjunto com as performances *time-based* resultarem num alerta de urgência e indicando oportunidades de melhoria.

Karlsson & Hlström desenvolveram em (1996) uma ferramenta de avaliação *Lean* no qual são identificados nove variáveis a serem avaliadas, sendo elas: *Eliminating Waste* (supressão de desperdícios), *Continuous Improvement* (melhoria contínua), *Pull* (exigência material), *Multifunctional Teams* (equipas multifuncionais), *Decentralization* (descentralização), *Integration of Functions* (integração de funções) e *Vertical Information Systems* (sistemas de informação vertical).

Existem ainda outros inquéritos de avaliação *Lean* realizados, como por exemplo Feld et al. (2000), Connor et al. (2001) e Jordan et al. (2001), que foram propostos pelos mesmos para apoiar os utilizadores na implementação *Lean*. Os resultados nestes estudos apresentam algumas lacunas entre o estado atual do sistema e as condições ideais dos vários indicadores *Lean* predefinidos nos vários estudos (Wan & Chen, 2008).

Em 2001, Sanchez e Perez desenvolveram uma *checklist* com 36 indicadores *Lean*, agrupados em 6 grupos de maneira a avaliar as mudanças relativas à implementação *Lean*. No ano 2000, Detty & Yingling utilizaram modelos de simulação com vários medidores de desempenho de maneira a conseguirem quantificar os potenciais benefícios da implementação da cultura *Lean*. Estes medidores de desempenho foram categorizados por Allen et al. (2001) como produtividade, qualidade, custo e segurança.

Em 2015 foi desenvolvido o modelo AMSE (*Assessment, Monitoring, Sustainability e Expansion*) por Arcidiacono, sendo uma grande aproximação à implementação eficaz do *Lean Six Sigma*.

Em 2012 foi desenvolvida uma ferramenta de autoavaliação, LESAT (*Lean Enterprise Self-Assessment Tool*) que consiste num questionário simples e fácil de utilizar, baseado em atributos *Lean* e alinhado com o planeamento do desempenho empresarial, que é uma das principais bases para a maioria das ferramentas de avaliação *Lean*. No entanto esta ferramenta só se foca na avaliação durante o percurso de implementação *Lean* e não na avaliação de pormenores característicos dos postos de trabalho.

Goodson et al. (2002) criou uma das ferramentas mais célebres e úteis na avaliação de instalações, permitindo concluir se uma instalação é verdadeiramente *Lean* num espaço de 30 minutos, sendo por isso apelidada de “*Rapid Plant Assessment*” (Avaliação de Instalação Rápida).

Em 2003, Pavnaskar estabeleceu 101 ferramentas e métricas *Lean* com o objetivo de associar os desperdícios industriais com as ferramentas adequadas.

Com o objetivo de propor um sistema alternativo Srinivasaraghavan & Allada et al. (2006) desenvolveram um novo método que avalia a distância entre o estado atual do sistema e a performance do *benchmark*. O modelo proporciona uma medida quantitativa do nível de *leaness*, no entanto o *benchmark* necessita de ser obtido de empresas homólogas e concorrentes. *Benchmarking* é uma análise estratégica aprofundada das melhores práticas usadas por empresas do mesmo setor.

Bayou & de Korvin et al. (2008) utilizaram uma metodologia de lógica *Fuzzy*, isto é, uma lógica que reflete a maneira de pensar das pessoas, tentando modelar o senso de palavras, tomada de decisão ou senso comum Basit et al. (1972), para medir e comparar o nível de *leaness* da produção da Ford Motor Company e da General Motors, utilizando a empresa Honda Motor Company como empresa *benchmark* e recorrer ao *just-in-time*, *Kaizen* e ao controlo de qualidade como atributos *Lean*.

De maneira a quantificar o nível *leaness* dos sistemas de produção existentes, Wan e Chen et al. (2008), propuseram uma nova metodologia baseada num modelo de *leaness* ideal obtido com o recurso a dados históricos, podendo ser aplicado em vários contextos da cadeia de valor, tais como células de produção, linhas de produção ou uma fábrica inteira, porém esta ainda não foi testada em nenhum caso real.

Wan & Chen et al. (2009) apresentaram um novo método de avaliação *Lean* que proporcionava um método eficaz de orientação no processo de implementação *Lean*.

Este novo método ajudava a responder a duas perguntas importantes para os praticantes da metodologia *Lean*: “quão *Lean* o sistema é” e “como o tornar mais *leaner*”.

Verificou-se que maior parte dos métodos existentes se focavam em avaliar o nível de implementação da produção *Lean* como um todo (toda a fábrica), ao invés de avaliar módulos específicos do sistema de produção, como por exemplo células de produção ou linhas de montagem. Com isto (Saurin, Marodin, and Ribeiro 2011) introduziu um quadro geral que avaliava o uso das práticas de produção *Lean* nas células de fabrico.

Em 2016, Maasouman & Demirli propuseram a criação de um quadro que avaliava a maturidade *Lean* de acordo com os princípios base da produção *Lean*, sendo que também sugeriram uma dinâmica de processo que possibilitava a adoção do quadro segundo as estratégias e prioridades da empresa.

Duarte & Cruz-Machado et al. (2016) desenvolveram um quadro de avaliação da implementação *Green* e *Lean* recorrendo a critérios-chave. A validação do mesmo foi realizada em várias organizações do ramo automóvel. A gestão *Green* consiste numa responsabilidade social para as empresas do mercado atual devido a várias razões que afetam a humanidade e o meio ambiente (Sawant, 2016).

2.2. Integração de fatores humanos na avaliação *Lean*

Segundo Tajri & Cherkaoui et al. (2015), *Lean* é um estilo de gestão baseado no fator humano, o que faz com que os trabalhadores trabalhem com um *mindset* direcionado para a redução de perdas e desperdícios.

Integrar a necessidade de um sistema de produção eficiente e o bem-estar dos trabalhadores, na análise e desenvolvimento dos sistemas de produção, poderá ser uma solução para o suposto conflito de interesses entre a ergonomia e a racionalização (Westgaard and Winkel 2011). As empresas conseguem perceber o potencial de melhoria dos ganhos de produtividade se os princípios ergonômicos forem integrados e implementados simultaneamente com os sistemas *Lean* (Nunes 2015).

A abordagem *Lean* considera que para haver uma melhoria continua fundamentada é necessário que o elemento humano seja considerado como um aspeto fundamental. De uma perspetiva *Lean* a Ergonomia melhora a produtividade, remove barreiras para a qualidade e potencializa o desempenho seguro dos trabalhadores, através do ordenamento de produtos, tarefas e do local de trabalho (Tortorella et al. 2017).

Qualquer implementação *Lean* que não minimize o Muri, ou que aumente o mesmo, não deve ser tido em conta como um exemplo do “verdadeiro espírito *Lean*” (Cirjaliu and Draghici 2016). Muda, Muri e Mura são três tipos de desperdício que se devem diminuir ou eliminar. Muda resumidamente significa a utilização de tempo, dinheiro e

recursos em atividades que não criam valor para o cliente. Muri significa sobrecarga ou carga excessiva de um posto de trabalho / equipamento. Por fim, Mura consiste no desperdício obtido em produção com volume irregular, provocando um ritmo de produção diferente da carga de trabalho imposta.

Em 2015 Santos constatou que a integração da ergonomia durante a implementação da metodologia *Lean* tem o potencial de reduzir o absentismo e de elevar substancialmente a produtividade. A ergonomia consegue apoiar o processo de transformação *Lean* através da supressão dos desperdícios associados, e a transformação *Lean* leva à redução dos riscos ergonómicos (Aqlan et al. 2013).

Uma equipa *Lean* deve considerar, como valores centrais do processo *Lean*, os aspetos de segurança e ergonómicos da mesma forma que a redução de desperdícios e a criação de valor (Wilson, 2005). Exemplos desta aplicação foi de Kester (2013), com a incorporação da avaliação de risco no processo de VSM. Outro exemplo é o de Scheel e Zimmermann (2005), que integraram os princípios da ergonomia dentro de um processo de implementação *Lean*.

2.3. Evolução das ferramentas de avaliação *Lean* que consideram os fatores ergonómicos e humanos

Wong et al. (2012) desenvolveu um indicador *Lean* que classificava o nível de *leaness* da organização em relação à sua capacidade de sustentar a transformação *Lean*, com base numa perspetiva social e técnica, que considera a inter-relação entre o homem, o sistema e a tecnologia.

Em 2016, Jarebrant propôs a aplicação do *Ergonomic Value Stream Mapping* que consiste numa ferramenta que visa a melhorar as condições ergonómicas sem perder o foco nos indicadores do desempenho produtivo (Jarebrant 2016).

Em 2017, Gonçalves e Salotinis criaram uma ferramenta para avaliar vários requisitos, baseados nos aspetos *Lean* e ergonómicos que são essenciais na projeção do *design* do posto de trabalho (M. T. Gonçalves and Salotinis 2017).

O modelo tem um formato de *checklist* que é baseada nas melhores práticas atuais no que toca à projeção do *layout* de um posto de trabalho em linhas de montagem. Os mesmos identificaram 7 aspetos importantes na projeção de um posto de trabalho, sendo estes: saúde e segurança, ambiente de trabalho, limpeza e asseio, supressão do desperdício, logística do inventário e do material, flexibilidade, gestão visual e qualidade.

A ferramenta de avaliação foi validada numa linha de montagem do ramo automóvel e com base nos resultados obtidos, foram implementadas melhorias em vários segmentos da área de trabalho, como por exemplo a dimensão do posto de trabalho, as áreas de armazenamento ou a estratégia de fornecimento de peças. No entanto esta ferramenta foca-se mais na projeção do *layout* do posto de trabalho perdendo o foco de alguns

tópicos importantes, como por exemplo, indicadores de performance, melhoria contínua, disciplina, zero defeitos, entre outros.

Em 2018, Botti propôs um modelo matemático para conceber linhas de produção híbridas para vários modelos, com estações de trabalho manuais e automáticas, considerando a avaliação de risco ergonômico e seguindo os princípios da produção *Lean*.

Foi desenvolvido por Brito et al. (2019), uma ferramenta (ErgoSafeCI) contendo medidas operacionais *Lean*, combinadas com a segurança e as condições ergonômicas, num posto de trabalho ou numa linha de produção. Esta ferramenta visa auxiliar investigadores e profissionais a priorizar e avaliar as implementações *Lean*, bem como as condições ergonômicas e de segurança de forma integrada.

A ferramenta ErgoSafeCI, composta por 83 questões de avaliação, é constituída por 10 indicadores: eficiência, melhoria contínua, segurança, standards e gestão visual, processos e operações, fluxo de materiais, Zero defeitos, Ergonomia física, Ergonomia organizacional e cognitiva e Disciplina. O objetivo principal desta ferramenta é contribuir para a melhoria contínua, por isso é um processo cíclico, o que significa que deve ser usado periodicamente.

Durante o desenvolvimento da ferramenta ErgoSafeCI foram tidas em conta várias ferramentas existentes, assim como modelos matemáticos e *checklists* de avaliação ergonómica e de avaliação da segurança no trabalho. Algumas delas foram: *Ergonomic Workplace Analysis* de Ahonen (1989); *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) de Hignett e McAtamney (2000); *Strain Index* (SI) de Moore e Garg (1995); *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) de McAtamney e Corlett (1993).

O que faz a ferramenta ErgoSafeCI diferenciar-se das demais é o facto de a mesma se focar na avaliação de postos de trabalho através da integração da melhoria contínua com a melhoria da saúde e bem-estar dos trabalhadores.

2.4. SCRUM

Segundo Rafael Sabbagh et al. (2013), SCRUM é um *framework* ágil, simples e leve, utilizado para a gestão do desenvolvimento de produtos complexos imersos em ambientes complexos. O SCRUM cimenta-se no empirismo e utiliza uma abordagem iterativa e incremental para entregar valor com frequência e, assim reduzir os riscos do projeto.

Algumas das vantagens auferidas pela implementação da metodologia SCRUM são:

- Melhoria da qualidade do software;
- Maior satisfação do cliente;
- Maior transparência;
- Retorno do investimento mais rápido;

No estudo de The Standish Group et al. (1995), que usa como base 8380 projetos, mostra que apenas 16,2% dos projetos foram entregues respeitando os prazos e os custos e com todas as funcionalidades especificadas. Aproximadamente 31% dos projetos foram cancelados antes de estarem completos e 52,7% foram entregues, porém com prazos maiores, custos maiores ou com menos funcionalidades do que o especificado no início do projeto.

Pesquisas no The Standish Group também indicam que prazos mais curtos, com a entrega antecipada e frequente de componentes de software, aumentarão a taxa de sucesso. Prazos mais curtos resultam em um processo iterativo de design, protótipo, desenvolvimento, teste e implantação de pequenos elementos. Este processo é conhecido como "growing" software, em oposição ao antigo conceito de "desenvolvimento" de software. "Growing" software envolve os utilizadores mais cedo, alocando cada componente ao seu responsável ou a um pequeno grupo de responsáveis, e as expectativas são definidas de uma forma sensata. Cada componente do software é acompanhado por uma declaração clara e precisa, e um conjunto de objetivos. Simplificar os projetos é um esforço que vale a pena, pois toda a complexidade causa apenas confusão e aumento de custos.

Quanto mais complexo o sistema, mais provável é o controlo central de sistemas se desmoronar. Essa é a razão pela qual as empresas descentralizam e os governos renunciam os controlos a empresas independentes, sendo uma abordagem distinta para lidar com estas complexidades. O SCRUM percorre estes caminhos "repisados", mobilizando o controlo de uma autoridade central de controlo e despacho para as equipas individuais que executam o trabalho. Quanto mais complexo o projeto, mais indispensável se torna a delegação da tomada de decisão aos agentes independentes próximos do trabalho (Ken Schwaber, 2004)

O SCRUM divide o desenvolvimento em "sprints", que podem durar entre uma a quatro semanas. Em ambiente profissional, são formadas equipas pequenas de até 10 pessoas, constituídas por projetistas, programadores, engenheiros e gerentes de qualidade. Estas equipas trabalham em cima de "funcionalidades", definidas no início de cada sprint e

cada equipa é responsável pelo desenvolvimento de uma dessas “funcionalidades”. O SCRUM requer a existência de reuniões de acompanhamento diárias sendo que nessas reuniões, que devem ser preferencialmente curtas (mais ou menos quinze minutos), devem ser discutidos pontos fulcrais do desenvolvimento, como por exemplo “o que foi feito desde a última reunião” e “o que precisa ser feito até a próxima”. Desta maneira são mais facilmente identificados e resolvidos problemas e fatores de impedimento.

Na Figura 3 encontra-se ilustrado um exemplo gráfico do funcionamento do processo SCRUM.

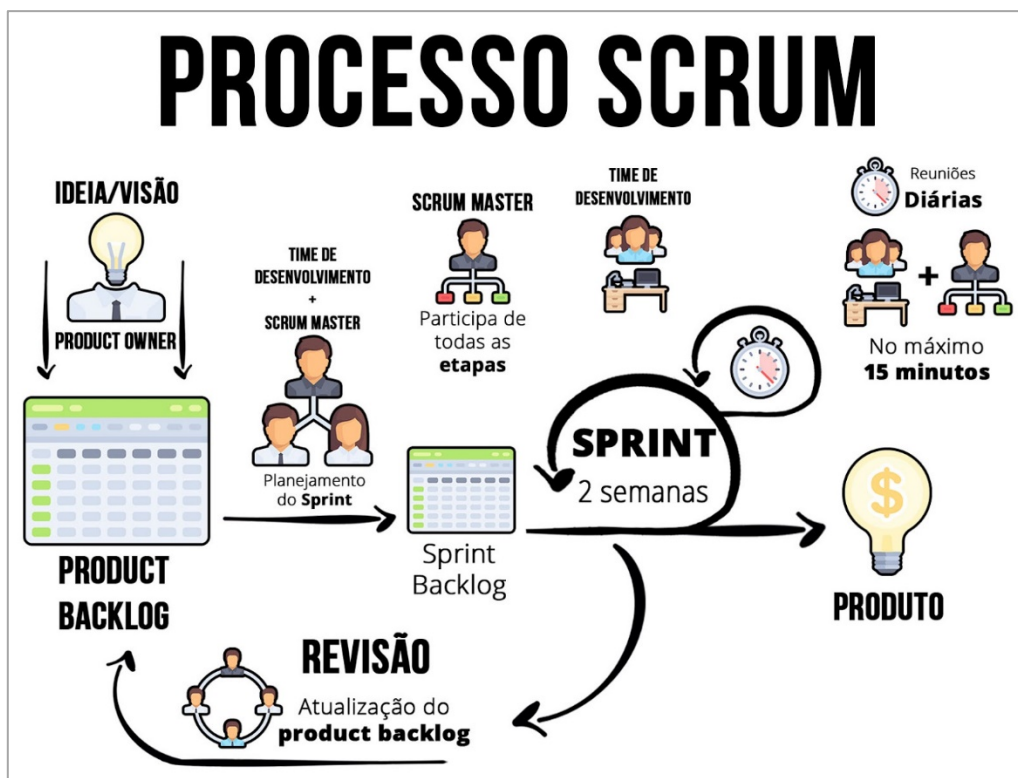


Figura 3 - Exemplo gráfico do processo SCRUM (<https://usemobile.com.br>)

DESENVOLVIMENTO

- 3.1. Análise da ferramenta**
- 3.2. Análise de melhorias a implementar**
- 3.3. Processo de Melhoria de Ferramenta**

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Análise da ferramenta

A ferramenta ErgoSafeCI tem o formato de checklist com 83 questões de avaliação divididas em 10 secções: Eficiência, Melhoria contínua, Segurança, Standards e gestão visual, Processos e Operações, Fluxo de materiais, Zero defeitos, Ergonomia física, Ergonomia organizacional e cognitiva e Disciplina.

Todas as 83 questões são apresentadas a seguir com uma breve explicação da importância de cada secção:

1. Performance/ Eficiência: A avaliação do desempenho é essencial na gestão dos processos. Vários estudos mostraram que, para adotar as melhores decisões para o desenvolvimento da organização, os gestores devem ter dados precisos e atuais sobre o desempenho dos processos que ocorrem dentro da empresa (Borsos, 2016). Na Tabela 1 apresentam-se as questões relacionadas com a secção de Performance / Eficiência.

Tabela 1 - Questões alocadas ao indicador de Performance / Eficiência

| # | 1- Indicadores Performance / Eficiência |
|---|--|
| 1 | A média do OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) é superior a 85% ? |
| 2 | O tempo total de paragens (incluindo manutenção planeada) é superior a 10% ? |
| 3 | O KPI (<i>Key Performance Indicator</i>) XX (seleccionar o mais importante) está actualmente dentro do objectivo ? |
| 4 | Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses ? |
| 5 | Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise ? |

2. Melhoria Contínua: A melhoria contínua é uma das principais estratégias para uma empresa de excelência e é considerada vital no ambiente de negócios atual. Um conceito bem conhecido relacionado com a melhoria contínua é o *Kaizen*, com origem no Japão e que significa mudança contínua para melhorar o comprometimento de todos os funcionários (Ahmad, 2013). Na Tabela 2 encontram-se ilustradas as perguntas do indicador de Melhoria Contínua.

Tabela 2 - Questões alocadas ao indicador de Melhoria Contínua

| # | 2- Melhoria Contínua |
|----|---|
| 6 | Todos os indicadores avaliados no ponto anterior + lead time têm vindo a melhorar ? |
| 7 | Os standards são revistos e melhorados mensalmente ? |
| 8 | Existe o mapa actual e futuro do fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ? |
| 9 | O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc..) ? |
| 10 | Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria frequentemente (mínimo uma vez de 6 em 6 meses) ? |
| 11 | O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nos últimos 6 meses ? |
| 12 | Está previsto tempo diário dedicado à melhoria contínua, envolvendo toda a equipa (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min) ? |

3. Higiene e Segurança no trabalho: As ferramentas de identificação de riscos devem ser úteis para a análise de todos os postos de trabalho. Quanto melhor a capacidade das ferramentas para identificar situações de risco, melhor a análise de gestão de riscos, tornando o processo mais eficaz (Prottes, 2012). Na Tabela 3 encontram-se as questões associadas ao capítulo da Higiene e Segurança no trabalho.

Tabela 3 - Questões alocadas ao indicador de Higiene e Segurança no trabalho

| # | 3- Higiene e segurança no trabalho |
|----|--|
| 13 | Tem havido muitos acidentes ou consultas médicas? |
| 14 | A temperatura ambiente é desconfortável (quente ou fria) ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso) ? |
| 15 | Há libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho ? |
| 16 | O ruído é elevado ou irritante (ex: perturba a conversação ou concentração do trabalhador) ? |
| 17 | A iluminação é boa (ex: está adequadamente colocada, é estável, o olhar do operador não tem de alternar entre zonas claras e escuras, etc...) ? |
| 18 | As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador ? |
| 19 | O solo apresenta fendas ou descontinuidades ? |
| 20 | Os trabalhadores estão conscientes da existência de risco e estão informados de como se devem proteger e/ou evitar o mesmo (exemplo: formação nas áreas segurança, EPI's, ergonomia) ? |
| 21 | A disposição do local de trabalho é susceptível de provocar acidentes? |
| 22 | A realização da operação envolve risco de acidentes (exemplo: a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar, etc...) ? |

4. Standards e Gestão Visual: O sistema de gestão visual é um ponto-chave numa operação *Lean* e essencial para garantir a padronização (Gonçalves e Salonitis, 2017). De acordo com Brito et al (2017), gestão visual, 5S e standards são ferramentas importantes na obtenção de bons resultados nos projetos de melhoria. O objetivo é permitir que os supervisores vejam de imediato se os trabalhadores estão a seguir as operações estandardizadas (Ohno, 1988). Na Tabela 4 estão apresentadas as questões relacionadas com o indicador de Standards e Gestão Visual.

Tabela 4 - Questões alocadas ao indicador de Standards e Gestão Visual

| # | 4- Standards e Gestão Visual |
|----|---|
| 23 | escalonamento, matriz polivalências, limites de reacção, auditorias 5S, etc...) ? |
| 24 | Todos os Standards e planos de acções para a resolução de problemas e implementação de melhorias estão devidamente colocados no posto de trabalho (estão visíveis ou são de fácil acesso) ? |
| 25 | Os Standards são visuais e de simples interpretação, ou seja, recorrem a figuras, imagens, fotos ? |
| 26 | O trabalhador executa a operação de acordo com o standard (cumpre a IT dentro do tempo estimado) ? |
| 27 | Está implementado o TPM (Total Productive Maintenance) ao posto ou linha de produção ? |
| 28 | São realizadas auditorias 5S ? |
| 29 | Os primeiros 3S não estão totalmente aplicados (Exemplo: existe algum equipamento que não funcione ou obsoleto no local trabalho, existem materiais ou ferramentas por identificar, o posto trabalho não apresenta estar limpo, etc...) ? |
| 30 | Toda a informação sobre os targets diários de produção (ex: quantidades a produzir vs quantidades produzidas, paragens produção, performance da equipa, etc...) estão visíveis (ex: Andon)? |
| 31 | Existe um sinal luminoso de aviso de paragem de linha ("pull the cord") ? |
| 32 | Existe um quadro de nivelamento onde os cartões Kanban de produção são colocados da esquerda para a direita com incrementos correspondentes ao <i>pitch</i> ? |
| 33 | Os cartões Kanban contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção ? |

5. Operação e processo: Melhorias de processo, organização do layout e organização do trabalho são consideradas as principais dimensões para incentivar a implementação das práticas de produção *Lean* (Yusup et al. 2016).

Tabela 5 - Questões alocadas ao indicador de Operação e Processos

| # | 5- Operação e processo |
|----|--|
| 34 | O trabalho é organizado por equipas de trabalho em que todos têm formação para desempenhar qualquer função ? |
| 35 | A linha está balanceada? |
| 36 | Qualquer pessoa pode parar a linha/produção se um problema ocorrer ? |
| 37 | Existem desperdícios relacionados com tempos de espera, transportes ou movimentações ? |
| 38 | O trabalhador executa operações que não acrescentam valor (ex: abastecimentos, setups, sobreprocessamento, etc) ? |
| 39 | Os tempos de setup ultrapassam os 10 min ou existem tarefas internas no setup que podem ser passadas para tarefas externas ? |
| 40 | Existe alguma operação manual possível de ser feita de forma automática (recorrendo a automatismos) ? |

6. Fluxo de material e produto: O fluxo de materiais tem um papel fundamental na implementação *Lean*. A quantidade de fluxo de material e a sua fluidez são essenciais no fornecimento de mão-de-obra e de equipamentos de produção altamente disponíveis para responder rapidamente à procura dos clientes (Liu et al. 2017). Na Tabela 6 estão apresentadas as questões alocadas ao indicador de fluxo de material e de produto.

Tabela 6 - Questões alocadas ao indicador de Fluxo de material e produto

| # | 6- Fluxo de material e produto |
|----|---|
| 41 | O layout está organizado de forma a que seja possível haver fluxo (ex: célula de fabrico) ? |
| 42 | O layout é flexível, ajustando-se rapidamente a flutuações da procura de cliente superiores 25% ? |
| 43 | O planeamento é colocado num único posto de produção (pacemaker) ? |
| 44 | As quantidades planeadas correspondem ao <i>pitch</i> (Takt X quantidade de transferência que pode ser quantidade da embalagem) ? |
| 45 | O posto ou linha de produção produz apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita (informação dada através de cartões kanban) ? |
| 46 | É produzida e enviada para o processo seguinte uma peça de cada vez (<i>one-piece-flow</i>), em fluxo contínuo, não havendo necessidade de WIP? |
| 47 | São usados supermercados onde não é possível o fluxo contínuo (exemplo: setups elevados, processos distantes, etc...) ? |
| 48 | A produção é nivelada ? |
| 49 | O EPEI (Every Part Every Interval) é o menor possível ? |
| 50 | O abastecimento de materiais ao posto ou linha produtiva é efectuado de forma normalizada (através de Kanbans e com horário e rota definida) ? |

7. Zero Defeitos: Os princípios da metodologia *Lean* incluem os conceitos de valor, fluxos de valor e perfeição. Um dos princípios básicos do *Lean* é o conceito de zero defeitos e à prova de erros (Glenn e Blackmore, 2014). A tabela seguinte (Tabela 7) apresenta as questões relacionadas com o indicador de Zero Defeitos.

Tabela 7 - Questões alocadas ao indicador de Zero Defeitos

| # | 7- Zero Defeitos |
|----|--|
| 51 | É o próprio trabalhador no posto que faz a inspecção da qualidade, ou seja, a verificação da qualidade é efectuada durante o processo e não no fim ? |
| 52 | A operação produz peças Nok de sucata ou rework ? |
| 53 | Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu ? |
| 54 | Todos os problemas ou desvios aos standards têm um plano de acções associado (PDCA) ? |
| 55 | O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (exemplo: usando os 5 porquês) ? |
| 56 | O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer ? |
| 57 | Existem sistemas anti-erro (poka-yokes) ? |
| 58 | O cumprimento do Fifo é garantido ? |

8. Ergonomia Física: O design ergonómico dos postos de trabalho e das próprias operações reduzem lesões e absentismo melhorando a produtividade, a qualidade e a confiabilidade (Botti et al. 2017). Estudos anteriores mostraram que os distúrbios musculoesqueléticos levam a perdas significativas de produtividade devido a maiores taxas de absentismo e lesões (Cheshmehgaz et al. 2012). Na tabela XX encontram-se as questões relacionadas com o capítulo da Ergonomia Física.

Tabela 8 - Questões alocadas ao indicador de Ergonomia Física

| # | 8- Ergonomia física |
|----|---|
| 59 | O trabalhador adota uma postura essencialmente estática ? |
| 60 | O trabalhador tem espaço suficiente (ex: espaço de movimentação, espaço para a execução do trabalho) ? |
| 61 | O trabalhador tem que usar uma cadeira não ajustável ? |
| 62 | A força necessária para executar o trabalho e/ou os pesos manipulados são excessivos (superior a 2Kg) ? |
| 63 | O trabalho exige o uso ou a manipulação frequente de ferramentas manuais ? |
| 64 | O esforço é repetido de forma contínua e por pelo menos uma hora ? |
| 65 | O trabalhador é obrigado a repetir as mesmas operações a uma cadência elevada (4X/min) ? |
| 66 | O trabalhador tem que levantar ou transportar pesos elevados (acima de 10 kg) ? |
| 67 | O plano de trabalho parece ser demasiado alto ou baixo para o trabalhador? |
| 68 | O trabalhador tem que assumir uma posição não natural ou forçada a fim de conseguir ver os mostradores, detalhes do trabalho ou para alcançar manipulados, peças, etc ? |
| 69 | O trabalhador adopta alguma das seguintes posturas para efectuar a tarefa: braços levantados, torção e/ou flexão do tronco ou pescoço ? |
| 70 | O trabalhador estende, flexa ou faz rotação do punho para executar a tarefa ? |
| 71 | O trabalhador realiza pegadas manuais do tipo "de pinça" (com os dedos), com alguma frequência? |
| 72 | O trabalhador tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objectos estando o tronco curvado, torcido ou inclinado para trás ? |

9. Ergonomia Organizacional e Cognitiva: A ergonomia compreende três áreas principais, sendo elas a Ergonomia física (postura, movimentação de carga, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos, design de PT, segurança e saúde); Ergonomia Cognitiva (carga de trabalho mental, tomada de decisão, interação homem-máquina, stress e formação); e Ergonomia Organizacional (trabalho de comunicação, design e programação, trabalho cooperativo, cultura organizacional, gestão da qualidade) (IEA, 2000). Com estas evidências tornou-se então necessário dividir o campo "Ergonomia" em dois momentos de avaliação em comparação com a ferramenta ErgoSafeCI "primitiva" onde a Ergonomia era avaliada em apenas um capítulo. As questões relacionadas com o capítulo da Ergonomia organizacional e cognitiva estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Questões alocadas ao indicador de Ergonomia Organizacional e Cognitiva

| # | 9- Ergonomia organizacional e cognitiva |
|----|---|
| 73 | O layout permite contactos sociais ? |
| 74 | O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador ? |
| 75 | As tarefas de trabalho ou métodos são completamente restringidos pelas máquinas ? |
| 76 | Existe rotatividade entre os postos de trabalho tendo em consideração os grupos musculares ? |
| 77 | O nível de atenção exigido pelo trabalho é elevado ? |
| 78 | Há queixas frequentes dos trabalhadores devido ao stress ou pressão causada pelo trabalho ? |
| 79 | São frequentes os enganos dos trabalhadores ? |
| 80 | O tempo de formação para este Posto de Trabalho é demasiado longo? |
| 81 | O trabalho é constituído por tarefas sem ambiguidade e com informação exposta de forma clara? |
| 82 | O plano de trabalho prevê pausas para descanso? Se sim, têm duração suficiente para permitir uma recuperação completa ? |

10. Disciplina - O objetivo desta seção é medir se os standards implementados estão a ser respeitados. Às vezes é fácil implementar novos procedimentos, mas é difícil mantê-los. A avaliação neste capítulo, que aborda o nível de cumprimento dos standards tem 5 opções, sendo elas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% como mostra na Tabela XX.

Tabela 10 - Questões alocadas ao indicador de Disciplina / Sustentabilidade

| # | 10- Disciplina / Sustentabilidade |
|----|---|
| 83 | <p>Avaliar o cumprimento dos standards:</p> <p>0 - nenhum standard é cumprido</p> <p>25 - 25% dos standards são cumpridos</p> <p>50 - 50% dos standards são cumpridos</p> <p>75 - 75% dos standards são cumpridos</p> <p>100 - 100% dos standards são cumpridos</p> |

Após a avaliação de cada indicador, a pontuação avaliada de cada PT é atribuída na forma de percentagem, que representa o nível de implementação *Lean*, tendo em consideração os aspetos ergonómicos e de segurança de cada um. A percentagem final é calculada a partir da média das percentagens de cada indicador, de acordo com as respostas dadas: 100% se estiver conforme, 0% se não estiver conforme. As perguntas com resposta Não Aplicável (NA) são ignoradas pelo cálculo. Estas perguntas são listadas e respondidas sob as seguintes formas: sim, não e NA. O resultado surge em forma de gráfico radial com as pontuações de todos os indicadores. Existem vários campos a preencher de modo a obter as informações necessárias da auditoria ao posto de trabalho. No final é apresentado um gráfico radial com as pontuações obtidas em cada indicador assim como a pontuação média final. A pontuação objetivo é estipulada pela empresa. Na Figura 4 encontra-se o gráfico final com as pontuações e com o cabeçalho que contem os dados correspondentes à auditoria realizada.

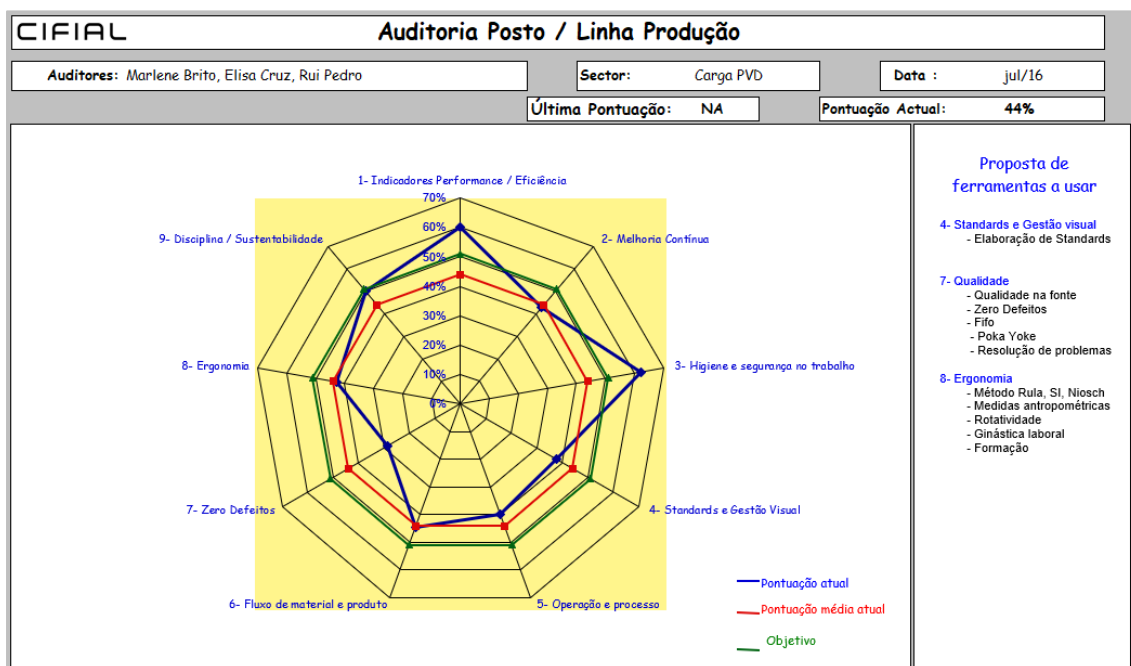


Figura 4 - Gráfico final com as pontuações obtidas

3.2. Análise de melhorias a implementar

Com o objetivo de tornar a ferramenta mais *user friendly*, foi necessário tornar o processo de realização do questionário mais simples e intuitivo, com a introdução de processos automáticos e deixando de parte processos “manuais”, onde a probabilidade de cometer erros é maior assim como o tempo de realização do mesmo. Também foi fundamental automatizar o método de obtenção do gráfico radial de maneira a que o utilizador apenas necessite de pressionar um botão para obter o mesmo.

O propósito inicial para o desenvolvimento desta ferramenta era conciliar duas grandes ferramentas existentes, sendo elas o Microsoft Forms e o Excel através da utilização do VBA (visual basic), macros e gráficos. A ideia inicial consistia em recorrer ao Microsoft Forms para realizar o questionário no *gemba*, pois trata-se de uma ferramenta simples, prática e de fácil acesso, que pode ser utilizada tanto num computador desktop como num smartphone ou tablet. O segundo passo consistiu em carregar os dados obtidos do formulário, realizado através do Microsoft Forms, e posteriormente fazer o tratamento dos mesmos com recurso a uma macro desenvolvida em visual basic, que devolve automaticamente através da seleção de um botão, um gráfico radial que indica as pontuações obtidas por área, assim como a pontuação média e o objetivo.

O Microsoft Forms é uma aplicação online que pertence ao pacote do Office 365 e que permite aos utilizadores construir rapidamente formulários ou questionários de uma forma bastante intuitiva. O Forms é uma ferramenta de fácil utilização, que trabalha em todos os “*browsers*” e que inclui temas e subdivisão de perguntas para que não seja difícil criar uma pesquisa interessante. Um ponto forte desta ferramenta é que com a exportação dos resultados obtidos do Forms para o Excel, possibilitará o uso de todas as potencialidades do Excel para obter uma análise aprofundada das respostas obtidas da pesquisa. A Figura 5 mostra o interface utilizado no Microsoft Forms.

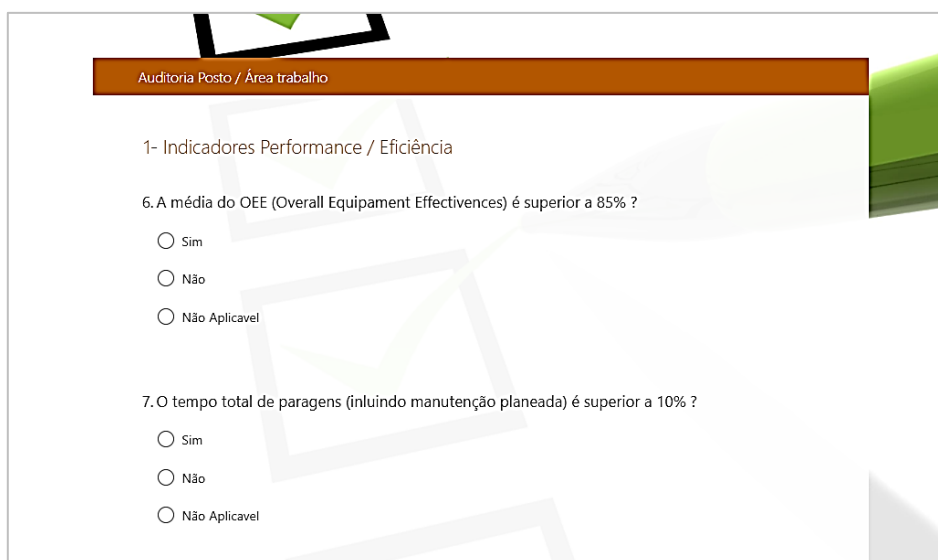


Figura 5 - Interface do Microsoft Forms

O Visual Basic é uma linguagem de programação criada pela empresa Microsoft, que se diferencia das outras pelo facto de ser uma linguagem mais visual em contraste com o aspeto textual das demais. Os comandos usados no Visual Basic são ampliados para satisfazer as necessidades de uma aplicação voltada para Ambientes Gráficos. Esta linguagem de programação é considerada uma revolução no mundo da informática devido à sua versatilidade e relativa facilidade de aprendizagem quando comparada com as outras linguagens. Contudo, apesar de as aplicações criadas pelo VBA serem mais amigáveis para o utilizador final, estas são mais fatigantes do ponto de vista de quem as cria.

Uma macro (Figura 6), nada mais é que uma sequência de comandos e funções armazenados em um módulo de VBA, sendo usada como uma espécie de atalho para tarefas repetitivas, visando alcançar uma menor perda de tempo em etapas demoradas, através da sua automatização. A macro gravada no Excel, armazena as informações referentes a cada etapa realizada, à medida que se vai executando uma série de comandos. Existem duas maneiras de criar uma macro, sendo uma delas através do uso do “Gravador de macro” no menu do Excel, consistindo num processo em que se grava vários passos que se pretende que a macro faça, e depois ela mesma executa automaticamente esses passos. Outra maneira passa por usar VBA, criando um código de programação que execute as tarefas pretendidas. Após a realização da macro é possível associar a mesma a um “botão” para facilitar a sua execução da mesma.

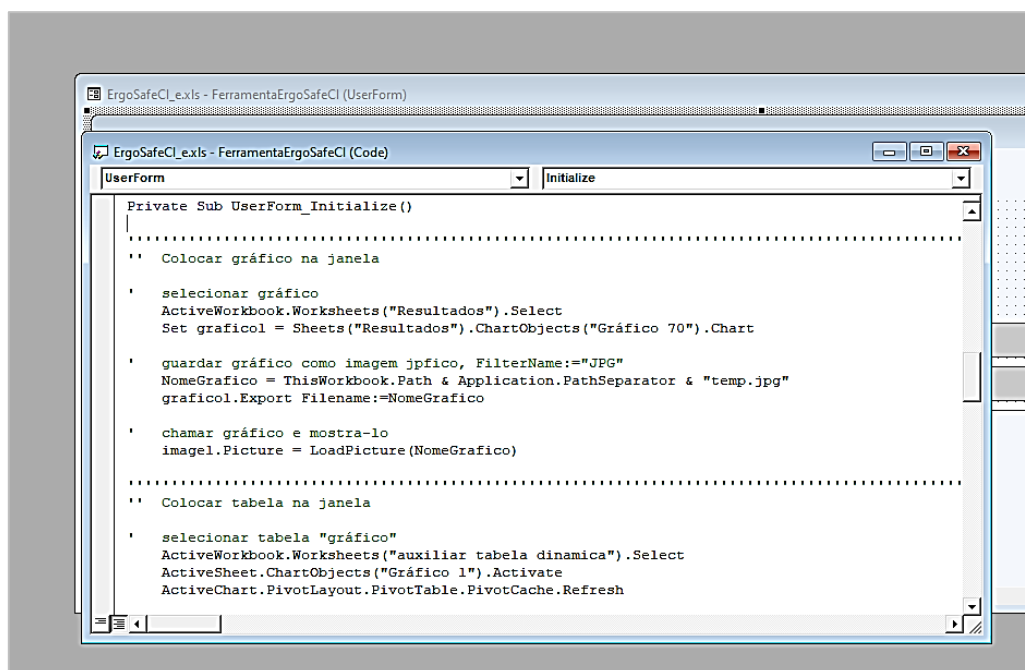


Figura 6 - Exemplo de uma Macro

Com a conclusão da ideia inicial para a conciliação da ferramenta Microsoft Forms com uma macro (Excel) para tratar os dados, verificou-se que a passagem dos dados obtidos do questionário para o Excel da ferramenta torna o processo mais moroso, o que não se enquadra na mentalidade *Lean*. Esta combinação submete o utilizador a tarefas mais penosas, sendo que as mesmas não acrescentam mais valor ao “produto final”.

Deste modo, concluiu-se que seria melhor integrar o próprio questionário no ficheiro Excel da ferramenta, eliminando assim os passos intermédios da passagem dos dados do questionário para o Excel. Para tal foi necessário recorrer a *Userforms*, onde se pode introduzir as perguntas do questionário, de maneira que o utilizador final possa realizar o questionário de uma forma simples e intuitiva, assimilando-se ao processo realizado no Microsoft Forms.

Um *Userform* é uma janela ou caixa de texto que faz parte da interface do usuário com a aplicação e que também torna o processo de introdução de inputs na aplicação mais fácil e mais controlável. A Figura 7 mostra o Userform utilizado para que o utilizador da ferramenta responda às questões.

Figura 7 - Interface utilizado para o utilizador responder às questões

Após a realização do questionário, será então apresentado automaticamente um gráfico radial, como mostra na Figura 8, com a pontuação obtida (pontuação atual, pontuação média e pontuação objetivo), assim como algumas sugestões de domínios a trabalhar com vista a atingir a “pontuação objetivo”.

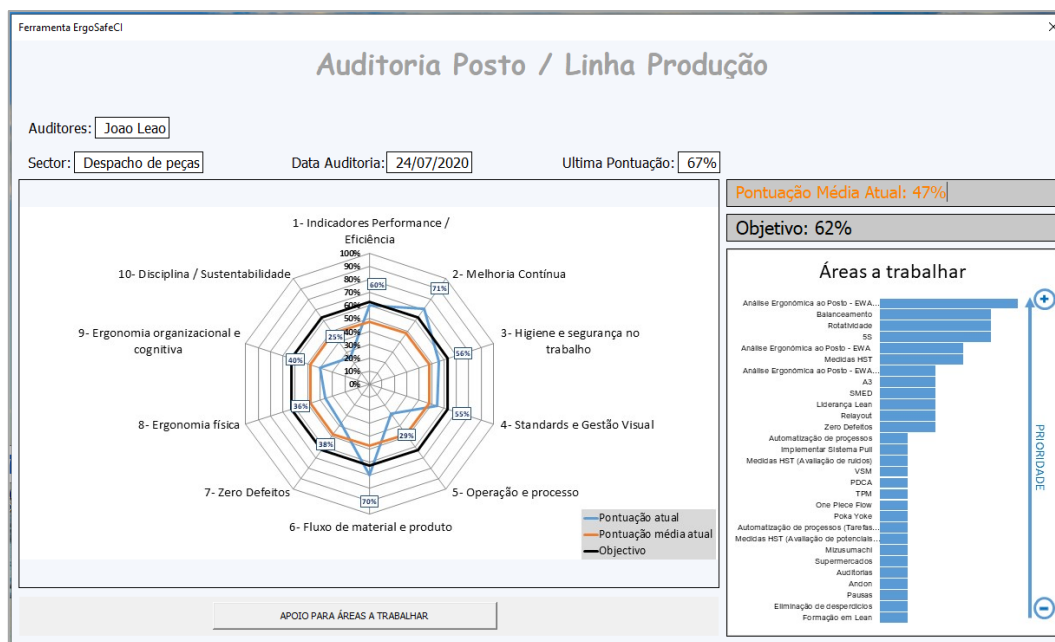


Figura 8 - Janela com as pontuações finais e áreas a trabalhar ordenadas pela sua prioridade

3.3. Processo de Melhoria de Ferramenta

Na primeira fase definiu-se como objetivo tornar o questionário simples e intuitivo com a criação de várias userforms (uma para cada pergunta) e associar um código VBA a cada userform, fazendo com que as repostas sejam registadas à medida que são respondidas. O processo de criação dos layouts para todos os userforms das questões é bastante idêntico, havendo alguns em que a única ação que necessita é alterar o texto da pergunta.

3.3.1. Criação dos layouts para cada userform – 1ª Fase

Em cada userform foi necessário primeiro definir o layout da janela onde surgirá a caixa de texto com a pergunta e as possíveis respostas. Na Figura 9 consegue-se ver um *Userform* em fase de edição, onde se define o posicionamento dos vários componentes. A criação dos vários layouts existentes neste trabalho é idêntica.

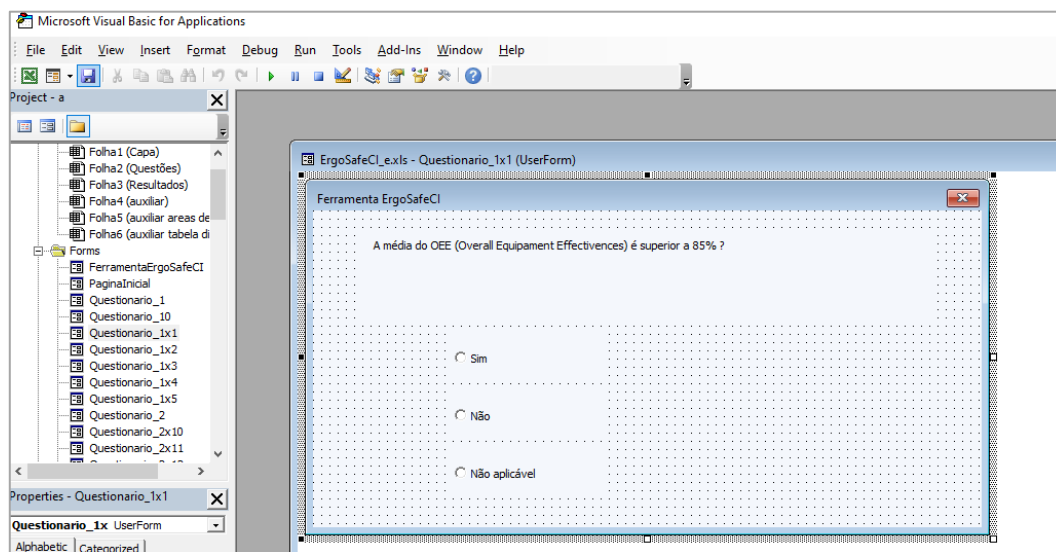


Figura 9 - Exemplo de edição de um layout em um userform

Neste trabalho criou-se 6 layouts, sendo que o primeiro serve para fazer uma breve apresentação da ferramenta com um botão que inicia o questionário. O segundo layout serve como input dos dados do cabeçalho do questionário, isto é, onde se preenche o nome dos auditores, secção avaliada, data da avaliação e última pontuação obtida. O terceiro layout serve para o utilizador escolher se uma determinada área de avaliação é aplicada naquele contexto ou não, e caso o utilizar selecione que determinada área não é aplicada, então todas as questões relacionadas com essa área serão passadas á frente. Como existem 10 áreas de avaliação nesta ferramenta, bastou criar um layout e de seguida copiou-se para as restantes áreas, bastando alterar o texto. O seguinte layout é

direcionado para as questões de cada área do questionário, sendo apresentada a pergunta e as possíveis respostas: “Sim”, “Não” e “Não aplicável”. Este layout também bastou criar uma vez, sendo que se copiou este para as restantes 82 perguntas, bastando também só alterar o texto. O penúltimo layout consiste numa janela que conclui o questionário e que apresenta um botão, em que ao selecioná-lo será apresentada a pontuação final obtida. Por último, fica o layout onde aparece a pontuação final obtida, assim como os domínios a trabalhar ordenados conforme a sua prioridade e um botão “APOIO PARA DOMÍNIOS A TRABALHAR” em que ao selecioná-lo aparece um documento em PDF onde se encontra uma breve explicação de todos os domínios propostos a trabalhar. No ANEXO III encontra-se a ilustração de todos os layouts mencionados.

3.3.2. Criação do código VBA para cada userform – 2ª Fase

Cada *Userform* tem de estar associado a um código VBA de maneira a que quando se pressiona um botão na caixa de texto, ou se introduza dados, este despolete um processo ou uma ação. Como por exemplo (Figura 10), quando na primeira janela de apresentação da ferramenta se seleciona o botão para iniciar a avaliação “Iniciar Avaliação”, o código VBA associado á ação “pressionar botão” faz com que a mesma janela se feche e que a janela seguinte, onde se introduz os dados da avaliação, se abra. Associado a esse “pressionar de botão” também está outro código VBA que faz com que todos os dados guardados da última avaliação sejam apagados de maneira a poder introduzir os novos dados. Exemplo de um código utilizado:

```
Private Sub CommandButton1_Click ()
    PaginaInicial.Hide
    Questionario_Cabecalho.Show
```

_Iniciar o Código quando o botão é pressionado;
_Esconder a página inicial;
_Abrir página seguinte onde se preenche o cabeçalho;

```
Sheets("Questões").Select
ActiveWindow.SmallScroll Down:=-36
Range("D15:G15").Select
Selection.ClearContents
Range("K19:M116").Select
Selection.ClearContents
ActiveWindow.SmallScroll Down:=87
Range("S120").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Capa").Select
```

_Apagar todos os dados armazenados relativos à última avaliação realizada

```
End Sub
```

_Fechar código

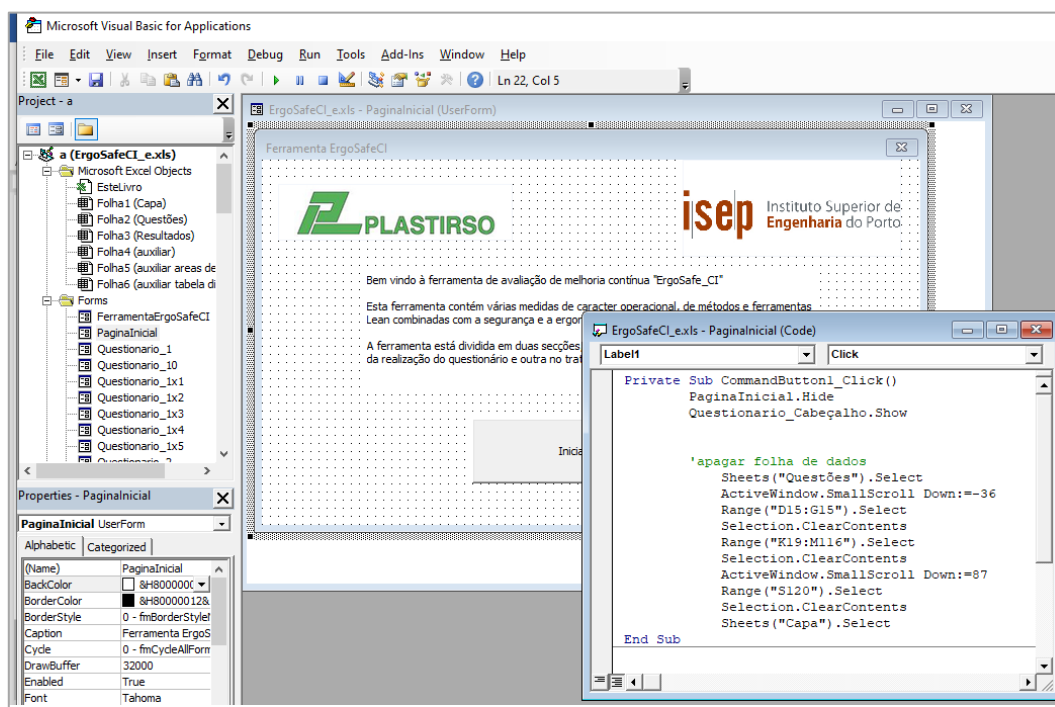


Figura 10 - Código VBA associado à janela inicial

O seguinte código realizado (Figura 11) corresponde à janela de inserção dos dados do cabeçalho da avaliação a realizar. Este código tem como objetivo copiar os dados introduzidos nesta janela para a base de dados da ferramenta, de maneira a que no final da avaliação estes dados sejam apresentados na janela final.

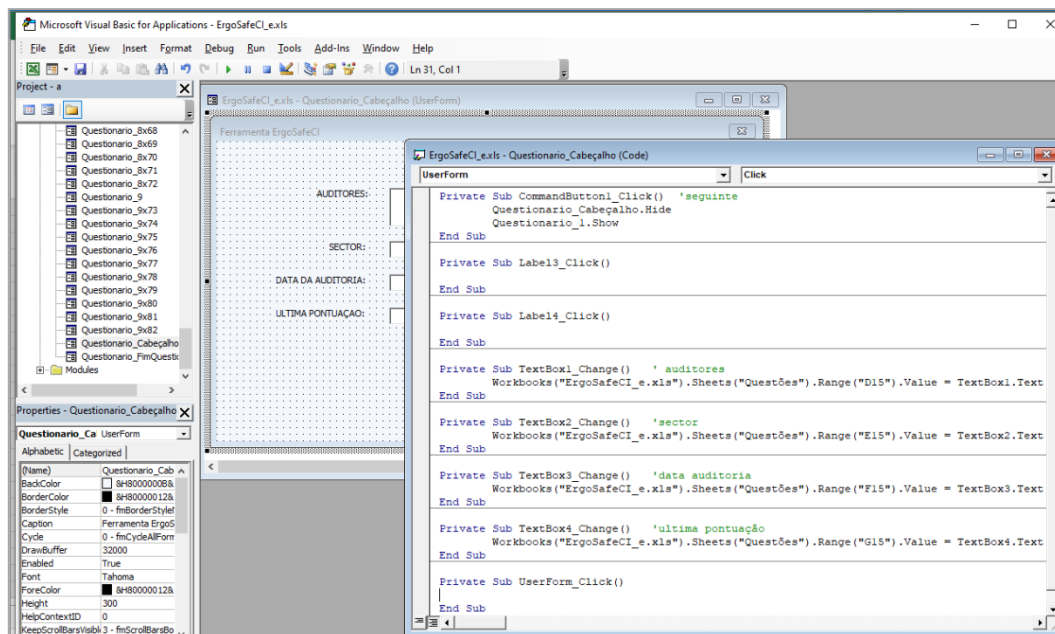


Figura 11 - Código VBA associado à janela de preenchimento do cabeçalho

O próximo código (Figura 12) tem como função passar todas as perguntas de um capítulo à frente, caso o utilizador selecione esse capítulo como não aplicável. Isto é, no início da avaliação de cada capítulo, a ferramenta permite ao utilizador escolher se o capítulo em questão é aplicável ou não. Caso o utilizador selecione o botão “Aplicável”, então o código VBA faz com que a mesma janela se esconda, e que se abra a janela correspondente à primeira pergunta desse capítulo. Caso o utilizador selecione a opção “Não Aplicável”, então o código faz com que todas as perguntas desse capítulo sejam passadas à frente e que apareça a janela para o utilizador escolher se o próximo capítulo também é aplicável ou não e assim sucessivamente.

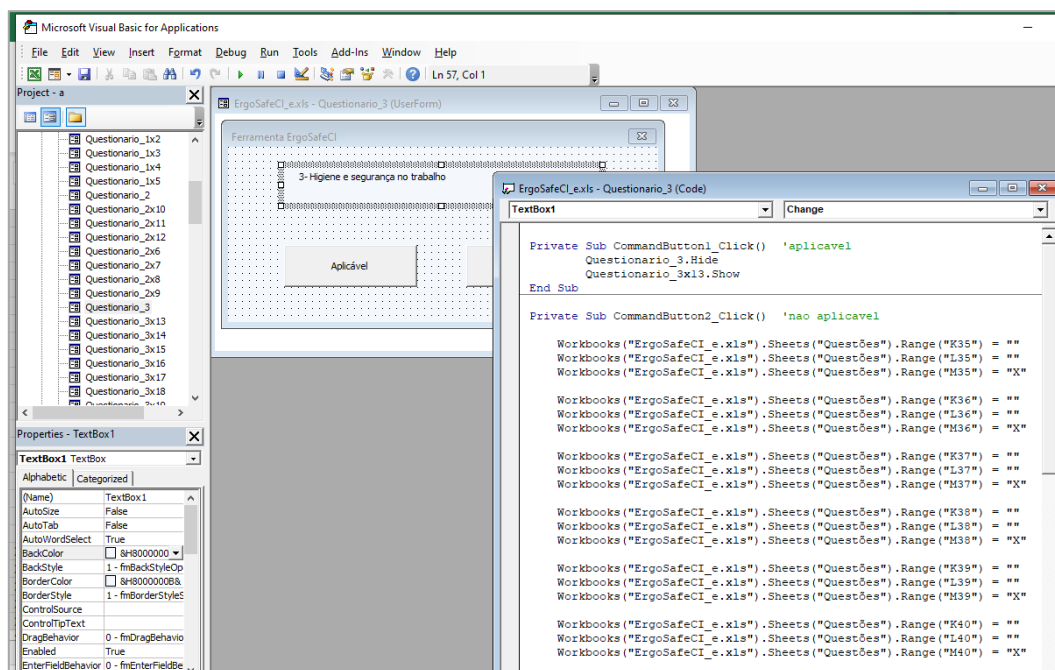


Figura 12 - Código VBA associado à janela que seleciona a aplicabilidade de um capítulo

Caso o utilizador escolha o capítulo como aplicável, então a primeira pergunta desse capítulo é apresentada numa janela. Associado a essa janela existe um código (Figura 13) que faz com que qualquer que seja a resposta indicada (“Sim”; “Não”, “Não Aplicável”), esta será registada na base de dados da ferramenta e também fará com que a mesma janela se feche e que se abra a janela da próxima pergunta, ou em caso de a janela que está atualmente aberta pertencer à ultima pergunta do capítulo, então será aberta a janela que questiona a aplicabilidade do próximo capítulo.

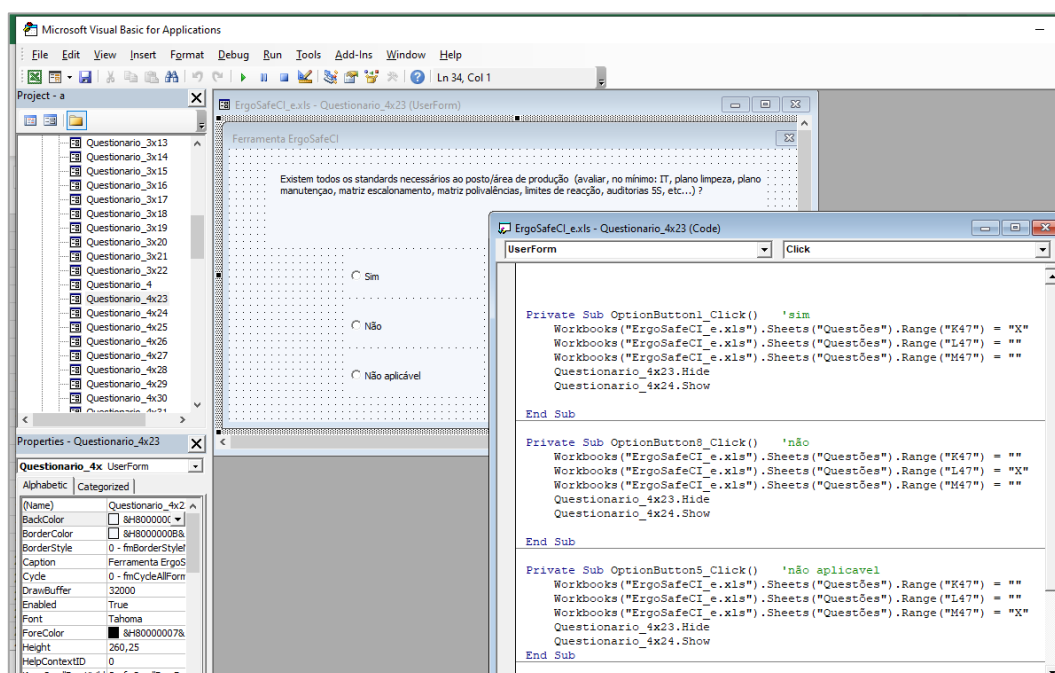


Figura 13 - Código VBA associado à janela onde se seleciona a resposta à pergunta do questionário

Após a conclusão do questionário, é apresentada uma janela associada a um código VBA (Figura 14) que faz com que quando o utilizador selecione o botão “Tratar dados”, este executa uma macro que consiste no tratamento de todos os dados inseridos durante o questionário, e consequentemente, na apresentação dos resultados em forma de gráfico radial, gráfico de barras e também como pontuação média e pontuação objetivo.

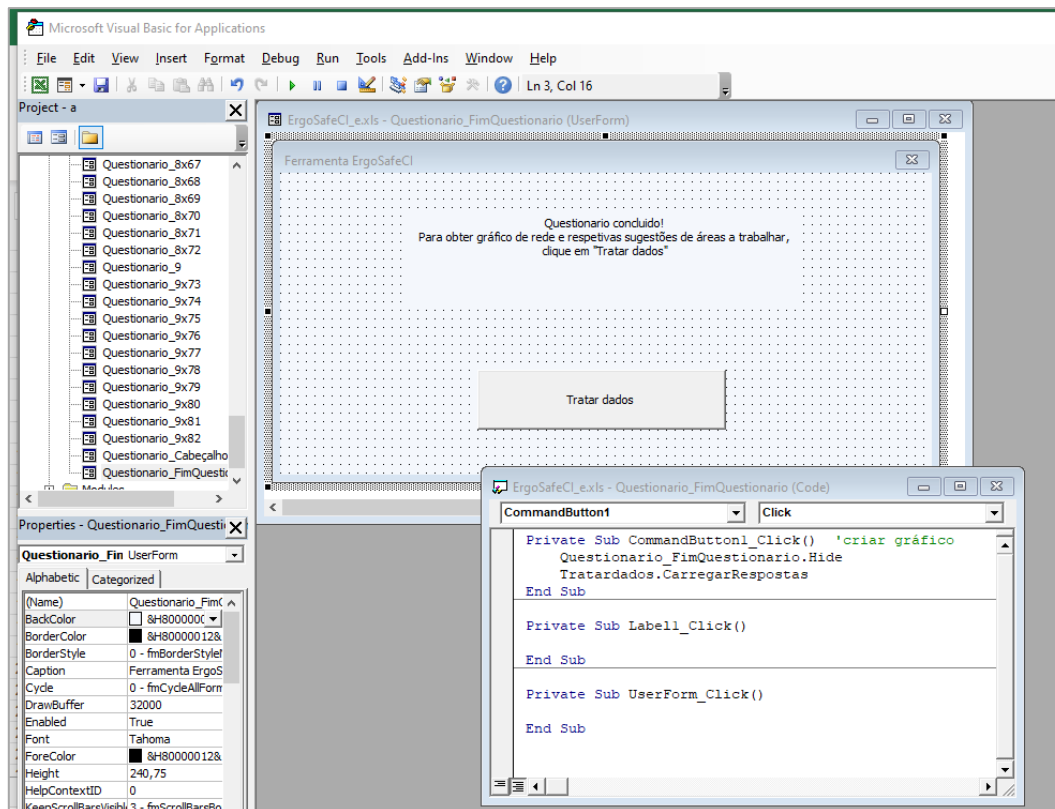


Figura 14 - Código VBA associado à janela de conclusão do questionário

Na última janela da ferramenta, encontra-se associado o código VBA mais complexo. Este código faz com que o gráfico radial e de barras, obtidos anteriormente, sejam apresentados na janela final. De uma forma simplificada, o código guarda os gráficos obtidos como ficheiro de imagem (JPG) e depois coloca-os na janela final. Outra função do código é apresentar a pontuação média final e a pontuação objetivo na mesma janela. Caso o utilizador selecione o botão “APOIO PARA DOMÍNIOS A TRABALHAR” o código faz com que se abra um documento PDF, onde se encontra uma breve explicação de cada domínio. Na Figura 15 está ilustrado todo o código VBA associado à última janela da ferramenta.

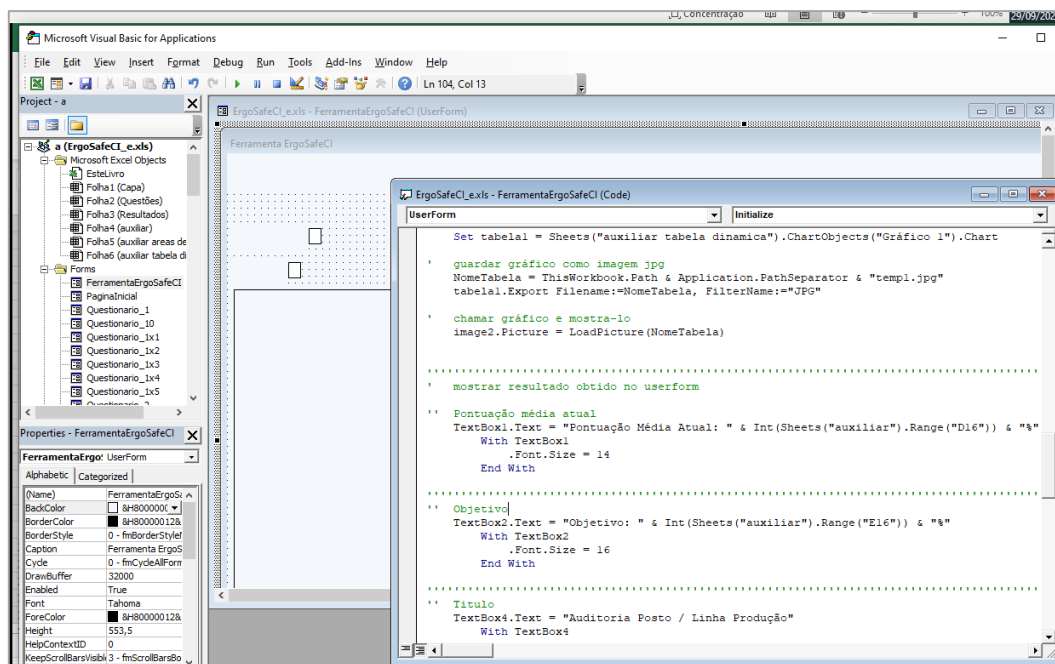


Figura 15 - Código VBA associado à janela final onde são apresentados os resultados

No ANEXO II é possível verificar todo o código VBA utilizado neste trabalho e uma linha de texto de cor verde a explicar os vários processos utilizados.

3.3.3. Atribuição de ferramentas / domínios a trabalhar – 3ª Fase

Para que as sugestões de domínios a trabalhar apareçam de forma automática, é então necessário associar um “domínio a trabalhar” a cada pergunta do questionário de maneira a que dependentemente da resposta que o utilizador selecione, esse domínio associado seja apresentado na janela final ou não. Existem várias perguntas que estão associadas ao mesmo domínio a trabalhar, e com isto esse domínio será mais importante trabalhar. Essa importância é apresentada na janela final, onde os domínios a trabalhar são apresentados ordenados conforme a sua importância, sendo que o mais importante aparece no topo da lista e o menos importante no fundo da lista.

A associação dos “Domínios a trabalhar” às perguntas foi feita através de pesquisas de métodos e ferramentas *Lean* existentes, que têm a capacidade de resolver ou melhorar assunto associado a cada pergunta. No ANEXO IV pode-se verificar uma listagem de todas as perguntas do questionário associadas aos “Domínios a trabalhar” correspondentes. Esta associação também foi feita com o grande apoio do Orientador com o aconselhamento de alguns domínios e corrigindo outros que não estavam bem enquadrados com a questão.

A associação dos domínios às perguntas é um processo importante, pois com esta associação e com o facto de elas serem sugeridas de forma automática na janela final, o utilizador conseguirá perceber o que terá de fazer, ou que ferramentas *Lean* terá que utilizar para conseguir obter uma melhor pontuação na avaliação do posto de trabalho.

3.3.4. Resolução de erros e melhoria de layouts – 4ª Fase

Após a melhoria da ferramenta foi necessário testá-la de maneira a identificar potenciais erros ou mesmo receber sugestões de melhoria por parte de outros utilizadores. É um processo moroso e que requer várias interações de tentativa-erro para chegar à ferramenta final. Esta fase foi executada com o apoio de uma colega que foi testando e validando a ferramenta em contexto real, numa empresa de fabrico de embalagens de plástico na secção de extrusão, impressão e corte.

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

- 4.1. Conclusões
- 4.2. Proposta de trabalhos futuros

4. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1. Conclusões

A ferramenta ErgoSafeCI passou por várias fases de aperfeiçoamento, em que as operações manuais tornaram-se automáticas para simplificar o trabalho do auditor, ficando desta maneira mais user friendly. O processo de realização da avaliação no gamba tornou-se mais simples e intuitivo, reduzindo o tempo de cerca de 15 minutos para 10 minutos (que se traduz num ganho de 34%) e reduzindo possíveis erros de entrada de resposta na avaliação. A apresentação da ferramenta tornou-se mais *clean*, o que a torna mais agradável de utilizar. Para além destas atualizações, a ferramenta teve também outra considerável melhoria. Na versão anterior a mesma só apresentava os resultados obtidos da avaliação, sendo que com esta atualização, a ferramenta passou a apresentar sugestões de ferramentas ou áreas a trabalhar, com o objetivo de melhorar as áreas mais críticas. Ou seja, os indicadores com as pontuações mais baixas deverão ser alvo de ações de melhorias recomendadas pela ferramenta. Há no entanto uma limitação nesta ferramenta, foi apenas validada em dois setores industriais, sendo necessário a sua validação noutros setores produtivos e não produtivos. No ANEXO V encontra-se o manual de utilização da ferramenta de maneira a eliminar qualquer dúvida quanto à sua utilização.

Nas imagens seguintes (Figuras 15, 16 e 17) é possível verificar uma comparação entre a ferramenta antes das atualizações realizadas durante este trabalho, e a ferramenta com as atualizações já implementadas:

Guardar Automaticamente | ErgoSafeCI v. Original - Modo de Compatibilidade | Procurar

Ficheiro Base Inserir Esquema da Página Fórmulas Dados Reverser Ver Programador Ajuda Inquire SOLIDWORKS PDM

Cortar Copiar Pincel de Formatação Área de Transferência Tipo de Letra Alinhamento Número

Formato Geral Formatação Condicional Formatar como Tabela Estilos

AB C D E F G H I J K L M N

1 **CIFIAL** **Auditoria Posto / Área trabalho**

2

3

4

5 Posto: [] Tempo abertura: [] Data: []

6

7 Código Produto: [] Tempo ciclo: [] Procura Cliente: []

8

9 - Trabalhador - Tem alguma doença profissional? Sim [] Não []

10 Experiência na função: [] Idade: [] Se sim, em que parte do corpo? []

11

12 Medida em cm do chão ao: []

13 - plano trabalho: [] - punho fechado: [] - cotovelo: []

14

15

16

17

18 **# 1- Indicadores Performance / Eficiência** Sim Não NA

19 1 A média do OEE (Overall Equipment Effectiveness) é superior a 85% ? x [] []

20 2 O tempo total de paragens (incluindo manutenção planeada) é superior a 10% ? [] x []

21 3 O KPI (Key Performance Indicator) XX (seleccionar o mais importante) está actualmente dentro do objectivo ? [] x []

22 4 Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses ? [] x []

23 5 Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise ? x [] []

24

25 **# 2- Melhoria Contínua**

26 6 Todos os indicadores avaliados no ponto anterior + lead time têm vindo a melhorar ? x [] []

27 7 Os standards são revistos e melhorados mensalmente ? [] x []

28 8 Existe o mapa actual e futuro do fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ? [] x []

29 9 O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc...)? [] x []

Todas as centenas recomendadas pela melhoria contínua a partir das actuais ideias de melhoria

ANTES



Ferramenta ErgoSafeCI

PLASTIRSO **isep** Instituto Superior de Engenharia do Porto

Bem vindo à ferramenta de avaliação de melhoria contínua "ErgoSafe_CI"

Esta ferramenta contém várias medidas de carácter operacional, de métodos e ferramentas Lean combinadas com a segurança e a ergonomia nos locais de "criação de valor".

A ferramenta está dividida em duas secções, uma serve para a obtenção de dados através da realização do questionário e outra no tratamento dos mesmos

Iniciar Auditoria

Ferramenta ErgoSafeCI

AUDITORES: [João Leão]

SECTOR: [Despacho de Peças]

DATA DA AUDITORIA: [34/06/2020] (dd/mm/aaaa)

ULTIMA PONTUAÇÃO: [67]

Seguinte

DEPOIS

Figura 16 - Comparação da ferramenta antes e depois das atualizações (Apresentação da ferramenta e preenchimento do cabeçalho)

| ErgoSafeCI - Original - Modo de Compatibilidade | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ficheiro Base Inserir Esquema da Página Fórmulas Dados Revisão Ver Programador Ajuda Inquire SOLIDWORKS PDM | | | | | | | | | | | | |
| Geral Fonte Formatação Condicional Tabelas Estilos | | | | | | | | | | | | |
| B3:82 | | | | | | | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
| 22 | 4 | Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses ? | | | | | | | | | x | |
| 23 | 5 | Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise ? | | | | | | | | | x | |
| 25 | # | 2 - Melhoria Contínua | | | | | | | | | | |
| 26 | 6 | Todos os indicadores avaliados no ponto anterior + lead time têm vindo a melhorar ? | | | | | | | | | x | |
| 27 | 7 | Os standards são revistos e melhorados mensalmente ? | | | | | | | | | x | |
| 28 | 8 | Existe o mapa actual e futuro do fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ? | | | | | | | | | x | |
| 29 | 9 | O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc...) ? | | | | | | | | | x | |
| 30 | 10 | Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria frequentemente (mínimo uma vez de 6 em 6 meses) ? | | | | | | | | | x | |
| 31 | 11 | O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nos últimos 6 meses ? | | | | | | | | | x | |
| 32 | 12 | Está previsto tempo diário dedicado à melhoria contínua, envolvendo toda a equipa (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min) ? | | | | | | | | | x | |
| 34 | # | 3 - Higiene e segurança no trabalho | | | | | | | | | | |
| 35 | 13 | A temperatura ambiente é desconfortável (quente ou fria) ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso) ? | | | | | | | | | x | |
| 36 | 14 | Há libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho ? | | | | | | | | | x | |
| 37 | 15 | O ruído é elevado ou irritante (ex: perturba a conversação ou concentração do trabalhador) ? | | | | | | | | | x | |
| 38 | 16 | A iluminação é boa (ex: está adequadamente colocada, é estável, o olhar do operador não tem de alternar entre zonas claras e escuras, etc...) ? | | | | | | | | | x | |
| 39 | 17 | As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador ? | | | | | | | | | x | |
| 40 | 18 | O solo apresenta fendas ou descontinuidades ? | | | | | | | | | x | |
| 41 | 19 | Os trabalhadores estão conscientes da existência de risco e estão informados de como se devem proteger e/ou evitar o mesmo (exemplo: formação nas áreas segurança, EPT's, ergonomia) ? | | | | | | | | | x | |
| 20 | 20 | A realização da operação envolve risco de acidentes (exemplo: a ferramenta de trabalho escorregadia ou | | | | | | | | | x | |

ANTES



Ferramenta ErgoSafeCI

1- Indicadores Performance / Eficiência

Aplicável

Não aplicável

Ferramenta ErgoSafeCI

A média do OEE (Overall Equipment Effectiveness) é superior a 85% ?

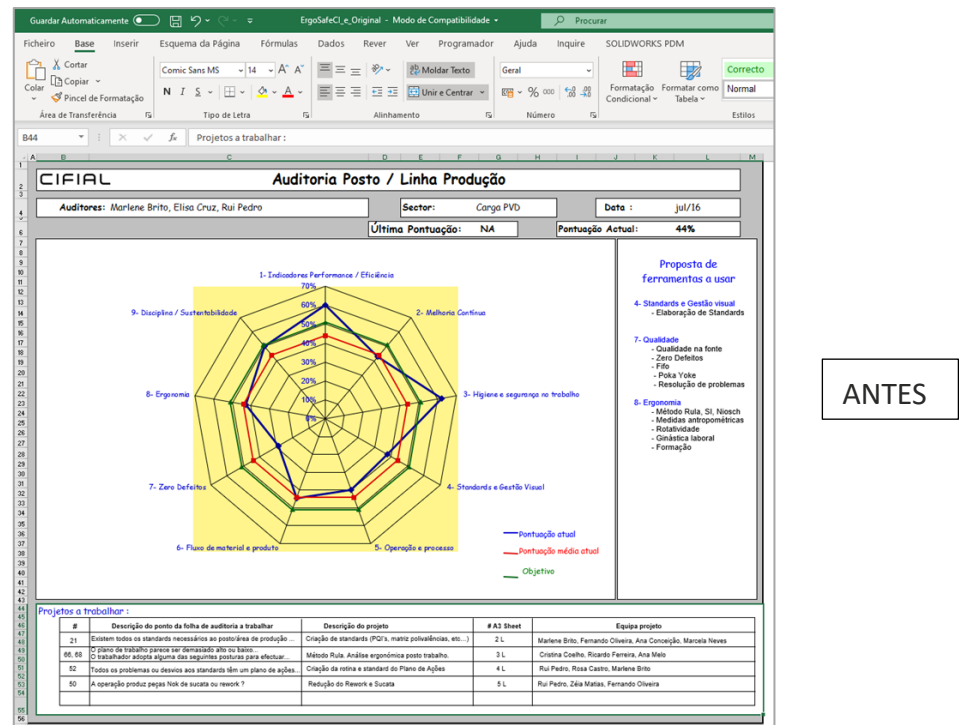
☒ Sim

☐ Não

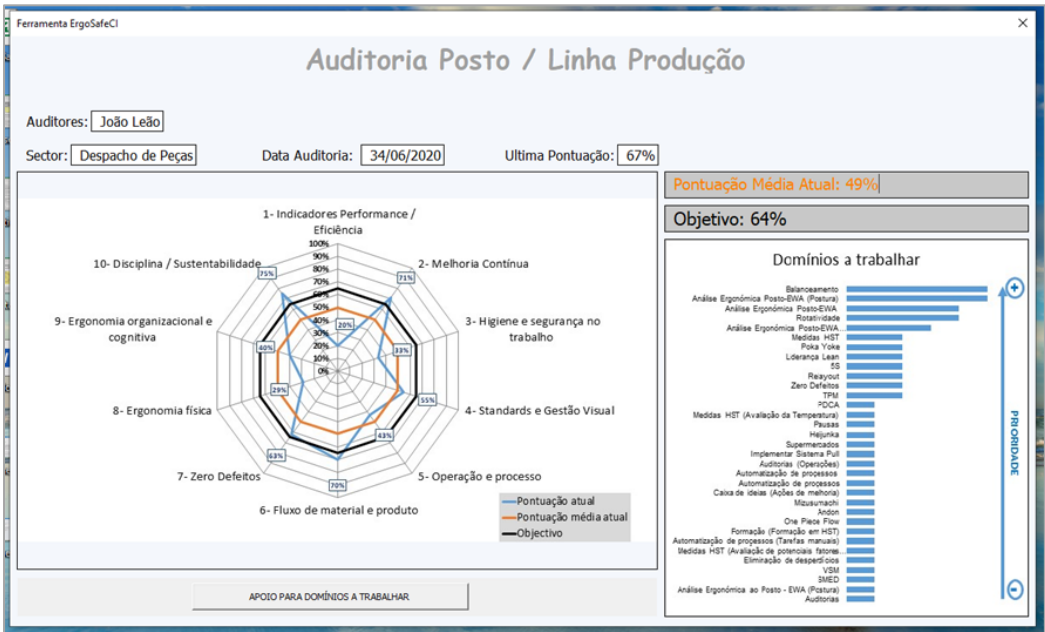
☐ Não aplicável

DEPOIS

Figura 17 - Comparação da ferramenta antes e depois das atualizações (Realização do questionário)



ANTES



DEPOIS

Figura 18 - Comparação da ferramenta antes e depois da atualização (Apresentação dos resultados)

Este trabalho também teve uma contribuição para conhecimento científico através da escrita de um artigo (ANEXO I) com base nesta dissertação que já se encontra aprovado para publicação na revista *Procedia Manufacturing* e uma comunicação na 30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2020).

Com o espírito de entreajuda e uma liderança exemplar, conseguiu-se então realizar um artigo interessante e progressista, que revela a extrema importância do pensamento *Lean*, da ergonomia e da segurança num posto de trabalho.

4.2. Proposta de trabalhos futuros

Como este trabalho se refere também à melhoria contínua como uma estratégia essencial na gestão de uma empresa, torna-se então necessário buscar constantemente oportunidades de melhoria. Com isto em mente, identificou-se que uma grande oportunidade de melhoria desta ferramenta, seria adicionar na janela final uma espécie de biblioteca de ferramentas *Lean* ou de “Áreas a trabalhar”. Isto é, o utilizador teria acesso a instruções de como utilizar uma ferramenta *Lean* ou de como deve abordar uma área sugerida pela ferramenta ErgoSafeCI. Assim, mesmo que o utilizador não conheça as ferramentas sugeridas pela ferramenta, este poderia aplicar as mesmas com recurso às instruções fornecidas pela ferramenta ErgoSafeCI, seguindo passo a passo todas as instruções apresentadas pela ferramenta.

A ferramenta também poderá ser validada em outros setores como por exemplo áreas administrativas.

Outra oportunidade de melhoria seria a criação de uma APP para esta ferramenta, sendo assim possível utilizar a APP da ferramenta em qualquer dispositivo móvel.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5. BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Ahmad, M. F. et al. 2013. "Meta-Analysis of the Relationship between TQM and Business Performance." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 46(1).
- Alayón, C., K. Säfsten, and G. Johansson. 2017. "Conceptual Sustainable Production Principles in Practice: Do They Reflect What Companies Do?" *Journal of Cleaner Production* 141: 693–701. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.079>.
- Anghel, Mirella, and Diana Lungeanu. 2007. "MUSCULOSKELETAL DISORDERS (MSDS)-CONSEQUENCES OF PROLONGED STATIC POSTURES." *Journal of Experimental Medical & Surgical Research* (4): 167–72.
- Aqlan, Faisal, Sarah S Lam, Michael Testani, and Sreekanth Ramakrishnan. 2013. "Ergonomic Risk Reduction to Enhance Lean Transformation Ergonomic Risk Reduction to Enhance Lean Transformation State University of New York at Binghamton." *Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference* (November).
- Basit, Abdul. 1972. "A Rorschach Study of Personality Development in Identical and Fraternal Twins." *Journal of Personality Assessment* 36(1): 23–27.
- Bayou, M. E., and A. de Korvin. 2008. "Measuring the Leanness of Manufacturing Systems-A Case Study of Ford Motor Company and General Motors." *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M* 25(4): 287–304.
- Bevan, Stephen. 2015. "Economic Impact of Musculoskeletal Disorders (MSDs) on Work in Europe." *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology* 29(3): 356–73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.berh.2015.08.002>.
- Birkie, Seyoum Eshetu, Paolo Trucco, and Matti Kaulio. 2017. "Sustaining Performance under Operational Turbulence: The Role of Lean in Engineer-to-Order Operations." *International Journal of Lean Six Sigma* 8(4): 457–81.
- Black, J. T. 2006. "Lean Manufacturing Implementation." *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management* 18(2): 346–52.
- Borsos, G., C. C. Iacob, and G. Calefariu. 2016. "The Use KPI's to Determine the Waste in Production Process." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 161(1).
- Cirjaliu, Bianca, and Anca Draghici. 2016. "Ergonomic Issues in Lean Manufacturing." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 221: 105–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.095>.
- Coughlan, Paul, and David Coughlan. 2002. "Action Research for Operations

- Management.” *International Journal of Operations and Production Management* 22(2): 220–40.
- Detty, Richard B., and Jon C. Yingling. 2000. “Quantifying Benefits of Conversion to Lean Manufacturing with Discrete Event Simulation: A Case Study.” *International Journal of Production Research* 38(2): 429–45.
- Doeringer, Peter B., Pacey Foster, Stephan Manning, and David Terkla. 2012. SSRN Electronic Journal *Project-Based Industries and Craft-Like Production: Structure, Location, and Performance*.
- Duarte, Susana, and V. Cruz-Machado. 2016. “Green and Lean Model for Business Sustainability.” 502(July): 711–23. <http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-1837-4>.
- Eden, Colin, and Chris Huxham. 1996. “Action Research for Management Research.” *British Journal of Management* 7(1): 75–86.
- Gonçalves, Micael Teixeira, and Konstantinos Salonitis. 2017. “Lean Assessment Tool for Workstation Design of Assembly Lines.” *Procedia CIRP* 60: 386–91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.002>.
- Gonçalves, Mónica Albertina Vieira. 2016. “A Importância Da Auditoria Na Detecção e Prevenção Da Fraude Natacha Correia e Sousa A Importância Da Auditoria Na Detecção e Prevenção Da Fraude Natacha Correia de Sousa.”
- Goncalves, Mónica Vieira. 2013. “Audit and Quality: The Solution to the New Challenges of Society.” *SSRN Electronic Journal*.
- Goodson, R Eugene. “Read a Plant – Fast A Conversation with Robert Redford.”
- Gualtieri, Luca, Erwin Rauch, and Renato Vidoni. 2021. “Emerging Research Fields in Safety and Ergonomics in Industrial Collaborative Robotics: A Systematic Literature Review.” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 67(May 2020): 101998. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101998>.
- Hines, Peter, and Nick Rich. 1997. “QL-OxGSM9Bb.Pdf.” 17(1): 46–64. <https://www.leancompetency.org/wp-content/uploads/2015/09/Value-Stream-Mapping-seven-tools.pdf>.
- Interview with William C. Kessler. 1999. “Implementing Lean Thinking.” 1: 99–103.
- Jarebrant, Caroline. 2016. “ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing.” *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* 16(1): 61–81. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Human+Motion+Simulation+for+Vehicle+and+Workplace+Design#1>.
- Jensen, Kevan L., and Jeff L. Payne. 2003. “Auditing Pricing and Audit Quality: The Influence of the Introduction of Price Competition.” *SSRN Electronic Journal* (August).
- Jiménez, Mariano et al. 2019. “Extension of the Lean 5S Methodology to 6S with an Additional Layer to Ensure Occupational Safety and Health Levels.” *Sustainability*

- (Switzerland) 11(14): 1–18.
- Karlsson, Christer, and Pär Hlström. 1996. "Assessing Changes towards Lean Production." *International Journal of Operations and Production Management* 16(2): 24–41.
- Ken Schwaber. 2004. *Agile Project Management with Scrum*.
- Kumar, Vinod et al. 2014. "The Role of Surface and Deep-Level Defects on the Emission of Tin Oxide Quantum Dots." *Nanotechnology* 25(13).
- Liker, Jeffrey K. 1997. "Becoming Lean." *Becoming Lean*.
- Maasouman, Mohammad Ali, and Kudret Demirli. 2016. "Development of a Lean Maturity Model for Operational Level Planning." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*: 1171–88. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-015-7513-4>.
- Naranjo-Flores, and And Ramirez-Cárdenas. 2014. "Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America." *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America* 9783319049: 1–584.
- Narayanamurthy, Gopalakrishnan, and Anand Gurumurthy. 2016. "Leanness Assessment: A Literature Review." (Unit 07): 1–5.
- Nawanir, Gusman, Kong Teong Lim, and Siti Norezam Othman. 2016. "Lean Manufacturing Practices in Indonesian Manufacturing Firms: Are There Business Performance Effects?" *International Journal of Lean Six Sigma* 7(2): 149–70.
- Nunes, Isabel L. 2015. "Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma . A Model Proposal." *Procedia Manufacturing* 3(Ahfe): 890–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124>.
- Office, Accounting. 1999. "Shared Values and Future Visions."
- Pavnaskar, S J, J K Gershenson, and A B Jambekar. 2017. "Classification Scheme for Lean Manufacturing Tools." 7543(November).
- Raval, Shruti J et al. 2018. "Revealing Research Trends and Themes in Lean Six Sigma : From 2000 to 2016."
- Saurin, Tarcisio Abreu, Giuliano Almeida Marodin, and José Luis Duarte Ribeiro. 2011. "A Framework for Assessing the Use of Lean Production Practices in Manufacturing Cells." *International Journal of Production Research* 49(11): 3211–30.
- Sawant, Siddhant Umesh et al. 2016. "Strategy for Implementation of Green Management System to Achieve Sustainable Improvement for Eco Friendly Environment, Globally." *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2(10): 5695–5701. <http://www.rroij.com/open-access/strategy-for-implementation-of-green-management-system-to-achieve-sustainable-improvement-for-eco-friendly-environment-globally-.php?aid=47788>.

- Sharan, Deepak. 2012. "Ergonomic Workplace Analysis (EWA)." *Work* 41(SUPPL.1): 5366–68.
- Srinivasaraghavan, Jayanth, and Venkat Allada. 2006. "Application of Mahalanobis Distance as a Lean Assessment Metric." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 29(11–12): 1159–68.
- Stock, Susan R. 1991. "Workplace Ergonomic Factors and the Development of Musculoskeletal Disorders of the Neck and Upper Limbs: A Meta-analysis." *American Journal of Industrial Medicine* 19(1): 87–107.
- Tajri, Ikram, and Abdelghani Cherkaoui. 2015. "Modeling the Complexity of the Relationship (Lean, Company, Employee and Cognitive Ergonomics) Case of Moroccan SMEs." (October).
- The Standish Group. 1995. "CHAOS Report Standish Group." *The Standish Group Report*.
- Tortorella, Guilherme Luz, Lizandra Garcia, Lupi Vergara, and Evelise Pereira Ferreira. 2017. "Lean Manufacturing Implementation: An Assessment Method with Regards to Socio-Technical and Ergonomics Practices Adoption." : 3407–18.
- Wan, Hung da, and F. Frank Chen. 2009. "Decision Support for Lean Practitioners: A Web-Based Adaptive Assessment Approach." *Computers in Industry* 60(4): 277–83.
- Wan, Hung Da, and F. Frank Chen. 2008. "A Leanness Measure of Manufacturing Systems for Quantifying Impacts of Lean Initiatives." *International Journal of Production Research* 46(23): 6567–84.
- Westgaard, R H, and J Winkel. 2011. "Occupational Musculoskeletal and Mental Health: Significance of Rationalization and Opportunities to Create Sustainable Production Systems: A Systematic Review." 42.
- Windmüller, Rolf. 2000. "The Auditor Market and Auditor Independence." *European Accounting Review* 9(4): 639–42.
- Womack, James P, Daniel T Jones, and Daniel Roos. 1990. "Book Reviews 533." : 533–38.
- Womack, and Jones. 1996. "Book_1996_Womack&Jones.Pdf."
- Wong, Wai Peng, Joshua Ignatius, and Keng Lin Soh. 2012. "What Is the Leanness Level of Your Organisation in Lean Transformation Implementation? An Integrated Lean Index Using ANP Approach." *Production Planning and Control* 25(4): 273–87.
- Yazdani, Amin et al. 2018. "Integration of Musculoskeletal Disorders Prevention into Management Systems: A Qualitative Study of Key Informants' Perspectives." *Safety Science* 104(February 2017): 110–18.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.01.004>.
- Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1990), "The Machine that Changed the World", Rawson Associates, New York, NY.

- Ahonen, M., Launis, M., Kuorinka, T., & Työterveyslaitos (Finland). (1989). *Ergonomic workplace analysis*. Helsinki: Ergonomics Section, Finnish Institute of Occupational Health.
- Bhasin, S. (2011), "Measuring the Leanness of an organisation", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2 No. 1, pp. 55-74
- Wilson, Robert. "Guarding the line: score big by planning for worker safety while you implement lean." *Industrial Engineer*, vol. 37, no. 4, Apr. 2005, p. 46+. Gale Academic OneFile, Accessed 27 Apr. 2020.
- Fiore, C. (2016), "Lean execution: the basic implementation guide for maximizing process performance", CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Hess, J. and Benjamin, B. (2015), "Applying Lean Six Sigma within the university: opportunities for process improvement and cultural change", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 6 No. 3, pp. 249-262.
- Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2017). Green and lean model for business sustainability. In *Proceedings of the 10th International Conference on Management Science and Engineering Management* (Vol. 502, pp. 1281-1291).
- Wilson, Robert. "Guarding the line: score big by planning for worker safety while you implement lean." *Industrial Engineer*, vol. 37, no. 4, Apr. 2005, p. 46+. Gale Academic OneFile, Accessed 1 May 2020.
- Rafael Sabbagh (2013) *SCRUM: Gestão ágil para projetos de sucesso*, São Paulo: Casa do código, ISBN 978-85-66250-10-7

ANEXOS

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

ANEXO IV

ANEXO V.

ANEXO I

30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing
(FAIM2020) 15-18 June 2020, Athens, Greece.

Validation of a Continuous Improvement Assessment Tool, considering Lean, Safety and Ergonomics, in a plastics packaging company

M. Brito^{a*}, M. Vale^a, J. Leão^a, L. P. Ferreira^a, F. J. G. Silva^a

^aISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, Porto 4200-072, Portugal

* Corresponding author. Tel.: +351 22 83 40 500; fax: +351 22 832 1159. *E-mail address:* mab@isep.ipp.pt

Abstract

This paper intends to validate and improve a workstation assessment tool called ErgoSafeCI. Lean manufacturing methods and guidelines, together with safety and ergonomics aspects, were thoroughly researched with the ultimate objective of finding a way to improve the workplace by considering the efficiency and well-being of workers. The assessment tool was validated in the plastics packaging sector, in a process which relied both on practical and theoretical ideas. Finally, its testing took place in all workstations/ production areas in a company of this sector.

This tool originates in the notion that for a successful Lean implementation, managers should start the Lean process with a Lean assessment which is then repeated on a regular basis. On top of that, it is also important to integrate ergonomic conditions in this journey because ergonomic risks can sometimes result in Lean wastes and vice versa, so workplace ergonomics and Lean manufacturing are to a great extent inter-related. Ergonomics can be the basis for a Lean transformation and a Lean transformation can in its turn result in the reduction of ergonomic risk. This tool aids practitioners (technicians and ergonomics practitioners from manufacturing companies) in the assessment of the implementation of Lean principles and the safety matters in their processes. It also makes it possible for managers to evaluate their business and pinpoint the priority areas to work on according to the previously defined company's goals.

© 2020 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the FAIM 2020.

Keywords: Lean Manufacturing, Process improvements, SMED, Ergonomics, Safety, Assessment.

1. Introduction

In Currently, due to globalization, strong competition and demanding customers, every industry and business which wants to achieve excellence and management is committed to making and delivering flawless products, solutions or services, promoting first-time-right production and the zero defects concept, training people and motivating staff, keeping environmental protection integrated in every activity and involving staff members in order to achieve excellence [1] and [2].

To confront these challenges, many companies update their traditional management style [3] and adopt methods that lead to improvements in cost, quality, productivity and operational performance, such as Lean manufacturing (LM) [4].

LM is based on consistent elimination of wastes. It is characterized as a system that uses less from the viewpoint of all inputs to generate similar deliverables as made possible by a conventional mass production system, with more variants for the client [5].

[6] pointed out that numerous Lean programs have not succeeded as a result of the superficial approach of the organizations. Numerous organizations focused on the implementation of only hard Lean tools and techniques and neglected soft Lean practices (human-related practices) [6] and [7]. [8] claimed that this failure has to do with the consideration of Lean as a manufacturing strategy or process, instead of as a long-term philosophy. Some other factors for Lean failure are the underestimation of Lean by the top management [9] and [10]; resistance to change and organizational culture [11] and [12]; insufficient management support, inadequate training, and opposition to change [4]; and low understanding, use of incorrect tools, application of one tool to solve all the organizational problems, and a poor decision-making system [12].

[13] claim a methodology of intervention is needed which focused on the correct application of Lean concepts under the premise of achieving results without forgetting the human factor.

[14] says companies do not realize the potential for further improving productivity gains if ergonomic principles are integrated and implemented at the same time as Lean Systems. The integration of the needs for effective production and a healthy workforce in the analysis and development of production systems could be the way to unblock the apparent conflict of interest between ergonomics and rationalization, according to [15].

[16] stated that the LM approach brings forth the human element as a key factor for continuous improvement sustainability. From a Lean perspective, ergonomics leads to increases in productivity, improves quality, and makes safe human performance greater by aligning products, tasks, and work environment to people. From an employee's point of view, taking into account ergonomic issues having to do with workstation design, such as access to materials, equipment and tools and communication between workers, is absolutely essential for operator safety while working in the cell [17].

The Lean team has to view ergonomics and safety, in the same way as waste reduction and value creation, as basic values of the Lean process [18] for instance, by bringing risk assessments

into the value stream mapping process [19] and thinking of ergonomics values in the context of a Lean implementation process in a Kaizen event [20].

Among the gigantic group of Lean tools, the majority were created to solve specific issues, namely high work-in-process levels, low availability of equipment or long setup times. Not more than a few of these (e.g. value stream mapping and Lean assessment tools) support Lean practitioners in pinpointing problematic areas to be worked on [21].

According [21] more attention has been given to the efforts made to address “how to become leaner” than to the matter of how Lean the system is.

[22] claimed that Lean implementation is at the same time a process and a journey, with no end state. He suggested that a company implementing Lean had to continuously monitor itself to identify the current level of leanness and future path of improvement: they needed to understand “where to start” and “how to proceed”, as well as be aware of the available tools. With this in mind, Lean training, value stream mapping and Lean are three key actions to think about when executing a Lean implementation cycle [21]. The number of studies in the literature on leanness assessment, it must be said, can't be compared to that in the area of Lean implementation.

In the current study, an existing assessment tool, ErgoSafeCI, previously validated in the metallurgical sector, was tested and validated in the plastic packaging sector. ErgoSafeCI's goal is to improve ergonomics and safety conditions while simultaneously keeping productive performance indicators in focus [23]. It comes from the insight that when we put Lean and worker well-being together in a workstation improvement project, productivity goes up while work accidents and absenteeism go down. [23] claim that “this instrument aims to be a systematic long-term self-assessment model and was designed to be used in manufacturing companies by practitioners”.

To support the validation and improvement of ErgoSafeCI in the plastic packaging sector, both research papers and practitioner works were examined to improve the existing tool. The questions were analysed and then the tool was used in 3 workstations/production areas of a plastic packaging company. Based on the results obtained, improvements were introduced to enhance productivity and worker well-being.

This study is organized in the following way: Section 2 covers the analysis of existing research articles connected with assessment audits based on Lean tools and the integration of human factors in Lean assessment audits; Section 3 details the methodology followed in this study and the assessment tool suggested; Section 4 depicts the results of the study and Section 5 highlights the conclusions of this study.

2. Literature Review

[24] suggested seven tools and a five-stage approach, the Lean processing program (LEAP), in the UK. This toolset, however, has not gotten much attention due to the complexity of the approach. The value stream mapping technique created by [25] has, in turn, become one of the most widely used Lean tools. Current and future state maps visually show the flow of value streams along with time-based performance, which

results in a sense of urgency and indicates improvement possibilities. [26] created a Lean assessment tool in which they identified nine variables to be assessed, which were: elimination of waste (EW), continuous improvement (CI), pull of materials (PULL), multifunctional teams (MFT), decentralization (DEC), integration of functions (IF) and vertical information systems (VIS). [27] assessed the degree of leanness of manufacturing companies by resorting to these nine variables.

Several other Lean assessment surveys, among them [28] and [29] have been introduced to guide users through the Lean execution. The scores in these surveys indicate the differences between the current state of the system and the goal levels of several Lean indicators predefined in the survey [21].

[30] formulated a checklist of 36 Lean indicators in six groups to evaluate alterations towards Lean and [31] classified the metrics (performance actions for tracking effectiveness of improvements strategies) into productivity, quality, cost and safety. These Lean tools are quite familiar in the improvement assessment tool industry; their focus is on assessing, though, while the companies are implementing Lean, and not in the evaluation of specific features of the workstation.

[32] realized that the existing systems were essentially designed to evaluate the level of Lean production implementation in the entire plant and not in specific units of the manufacturing system, such as cells, job shops or assembly lines. Thus, they brought forth a framework for evaluating the use of Lean production activities in manufacturing cells.

However, until then they did not consider human aspects.

[33] suggested the application of the ergonomic value stream mapping, a tool whose goal is to improve ergonomic conditions while at the same time monitoring productive performance indicators. This work is directed to providing academics and practitioners with a tool capable of meeting current needs in manufacturing environments in relation to cognitive ergonomics assurance in workplaces. The use of ErgoVSM in its cognitive modality tries to acknowledge the importance of evaluating health risks within each workstation at companies.

[34] say workstation design evaluation needs to focus on both Lean and ergonomic aspects. Lean assessment usually leads to waste reduction in workstations and an ergonomic assessment ensures employee safety and comfort. This link is key to long-term success. [34] listed seven workstation design considerations – “health and safety,” “work environment, cleanliness and orderliness,” “waste elimination,” “inventory and material logistics,” “Improvement assessment tool,” “exibility,” “visual management” and “quality”. These authors created an evaluation model and a tool to evaluate every requirement based on Lean and ergonomic aspects which was designed for workstation design. This model takes the form of a checklist based on the best available practices in workstation design of assembly lines. The validation of the assessment tool took place in an automotive assembly line and, taking its results into account, improvements in the associate working zones, workstation dimensions, storage areas or parts feeding system, were implemented to improve “waste elimination” and “inventory and material logistics.” Although this tool connects the elements of safety, ergonomics and Lean, its main use is the design of the workstation and it does consider some other key requirements, namely indicators of

performance and continuous improvement [23]. [16] devised a method that consists in a combination of techniques which make possible the identification of deficiencies connected with the adoption of Lean manufacturing practices which may support socio-technical practice implementation, indicating which improvement opportunities should be prioritized to better sustain them.

The divergence between these tools and the ErgoSafeCI assessment is in the assessment of jobs by resorting to a combination of these basic dimensions: continuous improvement, productivity, safety, ergonomics, quality, visual management, work organization, and materials flow [23].

3. Methodology

Considering the type of study this is a research methodology based on *Action-Research* was followed. The methodology is now routinely used amongst researchers because of its ability to involve all the intervening parties in the problem-solving process, which is very important to all [35]. It differs from other methodologies in its practical section, given that it is described as research in action rather than research about action [36]. The *Action-Research* methodology can be executed in a project through a cycle consisting of five main phases [37]: Diagnosis, in which analysis of the detected problems and data collection takes place; (2) Action Planning, where the improvement measures to be taken are identified; (3) Implementation of measures, during which the planned actions are put into practice so as to resolve the problems identified beforehand; (4) Evaluation, where the outcome of the implementation phase is looked through; and finally, (5) Conclusions, in which the changes derived from the implemented improvements are pinpointed, and an assessment of the learning and difficulties during the process of research is undertaken. Figure 1 shows the action-research spiral.

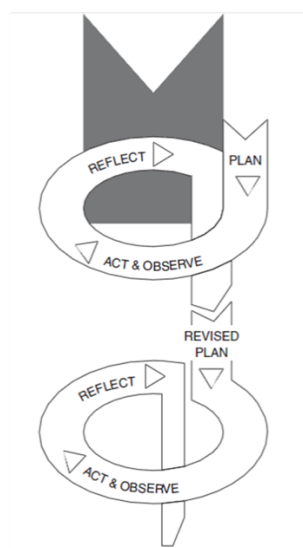


Figure 1. Action Research Spiral [38].

During the study it was also necessary to use the ErgoSMED tool, developed by [39] to support the implementation of SMED considering ergonomic aspects.

4. Results

The validation of this tool in the plastics packaging sector was performed at the company Plastirso. This is a plastic material processing company and is dedicated to the production of Polypropylene Film (PP) Cast, Polyethylene Sleeve (PE) in High and Low Density and also plastic packaging for different applications.

Plastirso currently works for different markets (food, textiles, among others), responding to customer requirements with quality, professionalism and innovation. This company has a team of 60 employees and is divided into different departments. The production area is divided into 3 sectors: extrusion, printing and cutting. The results were divided into two phases. First, an analysis was made of the ErgoSafeCI tool in order to adapt it to this sector and improve it through a bibliographic review. The second step was the validation of the tool in the 3 productive sections of this company.

4.1. ErgoSafeCI tool improvement

ErgoSafeCi, which consists of 83 evaluation questions, is constituted by 10 sections: Efficiency, continuous improvement, safety, standards and visual management, process and operations, material flow, zero defects, physical ergonomics, organizational and cognitive ergonomics and discipline. [23] state these nine requirements where each considered as ways to have a productive, safe, ergonomic and Lean workstation.

The improvement of the tool consisted of 3 phases:

- The first phase was the analysis of all questions in the tool in order to understand whether they should be adapted or not to the productive reality of the plastics packaging sector.

However, at this stage it was not necessary to make any adaptation.

- The second phase consisted of a bibliographic review on Lean, safety and ergonomics with a view to improve the tool's questions. This analysis led to the separation of ergonomics into two parts:

- physical ergonomics;
- organizational and cognitive ergonomics.

This separation was important in analysing the results and identifying improvements.

There was also a need to add some questions with the aim of improving workstation evaluation. In the health and safety section, the following questions were added:

- Have there been many accidents or medical appointments?
- Is the layout of the workplace likely to cause accidents?

In the physical ergonomics the following questions were added:

- Does the worker have to use a non-adjustable chair?
- Does the job require the frequent use or manipulation of hand tools?

Finally, the organizational and cognitive ergonomics section suffered the most changes, with the following questions added:

- Is the work rate controlled by the worker

himself/herself?

- Are work tasks or methods completely restricted by machines?
- Is the level of attention required by the job high?
- Are there frequent complaints from workers due to stress or pressure caused by work?
- Are workers' mistakes frequent?
- Is the training time for this job too long?
- Is the work made up of unambiguous tasks with information clearly displayed?

The third phase consisted of improving the software tool with the aim of making it more user friendly.

In order to make the tool more user friendly, it was necessary to make the process of conducting the questionnaire more simpler and intuitive, with the introduction of automatic processes and leaving aside “manual” processes where the probability of making mistakes is greater as well as the time of accomplishment. It was also essential to automate the method of obtaining the radial graph so that the user only needs to press a button to obtain it.

The initial purpose for the development of this tool was to conciliate two great existing tools, which are Microsoft Forms and Excel through the use of VBA (visual basic), macros and graphics. The initial idea was to use the Microsoft Forms to realize the questionnaire at Gemba, due to the fact that it is a simple, practical and easy to access tool that can be used on a desktop computer, smartphone or tablet. The second step was to load the data obtained from the completed form, through Microsoft Forms, and then make the treatment of them using a macro developed in visual basic, which automatically returns, by selecting a button, a spider graph that indicates the scores obtained by área as well as the average score and the goal to achieve.

Microsoft Forms is a web-based application within an Office 365 suite that allows users to build quick intake forms and surveys via a very intuitive builder. The Microsoft Forms is easy-to-use, works in any browser and includes themes and question subdivision so that it is not difficult to create an excelente survey. A strong point is that with the exportation to Excel, it will be possible to use all its features to obtain an in-depth and personalized analysis. Figure 2 shows an example of the interface used in Microsoft Forms.

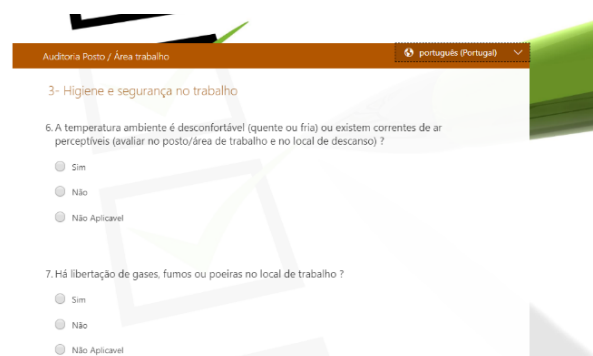


Figure 19. Microsoft Forms interface.

Visual Basic is a programming language created by Microsoft, which differs from the others by the fact that it is a more visual language in contrast to the textual aspect of the others. The commands used in Visual Basic are extended to meet the needs

of an application oriented to graphic environments. This programming language is considered a revolution in the computer world due to its versatility and relative ease of learning when compared to other languages. However, even though the applications created by VBA be more friendly to the final user, these are more difficult to make from the point of view of those who create them.

A macro (Figure 3) is nothing more than a sequence of commands and functions stored in a VBA module, being used as a kind of shortcut to repetitive tasks, aiming to achieve a lesser “loss” of time in long stages through its automation. The macro recorded in Excel, stores the information related to each step performed as a series of commands is executed. There are two ways to create a macro, one of them using the “Macro Recorder” in the Excel menu, consisting of a process in which several steps are recorded, with the macro is intended to do and then it automatically performs these steps itself. Another way is to use a VBA code, creating a programming code that performs the intended tasks. After the macro is realized, it is possible to associate it with a “button” to facilitate its execution.

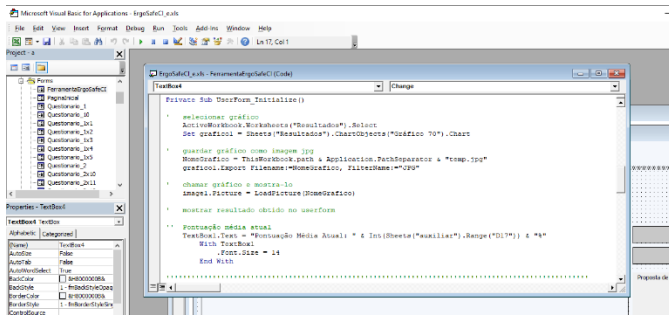


Figure 3. Example of a macro.

With the conclusion of the initial idea for reconciling the Microsoft Forms tool with a macro (Excel) to handle the data, it was founded that the passage of the data obtained from the questionnaire to the tool's Excel, makes the process more slower, which does not fit in the Lean mentality. This combination submits the user to more laborious tasks, and they do not add more value to the “final product”.

Thus, it was concluded that it would be better to integrate the questionnaire itself in the tool's Excel file, eliminating the intermediate step of passing data from the questionnaire to Excel. For this it was necessary to resort to UserForms, where can be enter the questionnaire questions, so that the end user can carry out the questionnaire in a simple and intuitive way, assimilating to the process performed in Microsoft Forms.

A UserForm is a window or dialog box that makes up part of an application's user interface and also makes a user data entry more controllable and easier to use. Figure 4 depicts the interface used for the user to answer the questions and Figure 5 shows the interface with the evaluation results.



Figure 4. Interface used for the user to answer the questions.

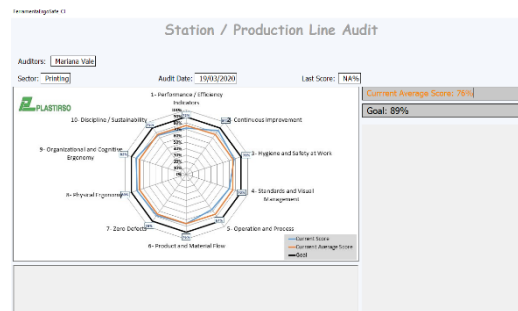


Figure 5. Interface with the evaluation results.

After a few attempts it was then possible to achieve a cleaner and user friendly tool, thus, any user less “instructed” can carry out an assessment to an industrial sector and identify your strengths and points to improve, using the obtained radial graph.

4.2. ErgoSafeCI tool validation

After improving the Ergosafeci tool, it was used to evaluate the 3 production areas in the plastics packaging company. Table 1 shows the results of these assessments.

Table 1. Evaluation score.

| Workstation | Score (%) |
|-------------|-----------|
| Cut | 44 |
| Print | 44 |
| Extrusion | 44 |

After the process was concluded, the company took the results obtained in the assessments and put them in practice to help identify the most critical areas, especially the ones with the worst assessment scores.

The members of the assessment team, were then asked to analyse the process of these critical production areas, thoroughly and suggest some changes which could improve ergonomics and safety conditions and simultaneously improve indicators using Lean principles, such as reducing wastes.

To do this it was important to analyze the radial graph of each section (Figures 6,7,8).

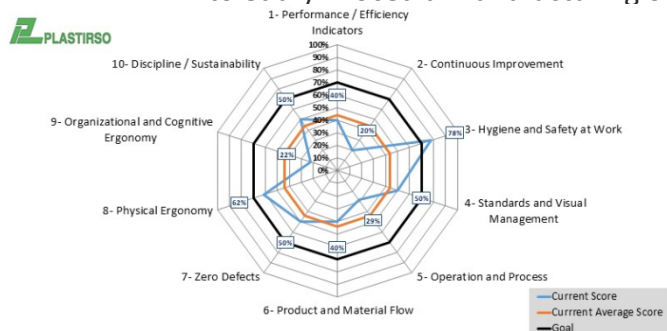


Figure 6. Radial graphic of printing.

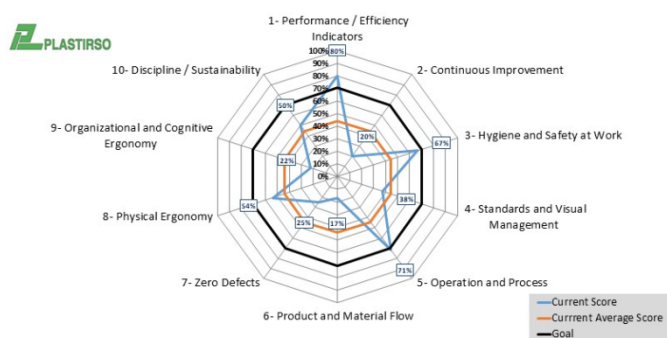


Figure 7. Radial graphic of extrusion

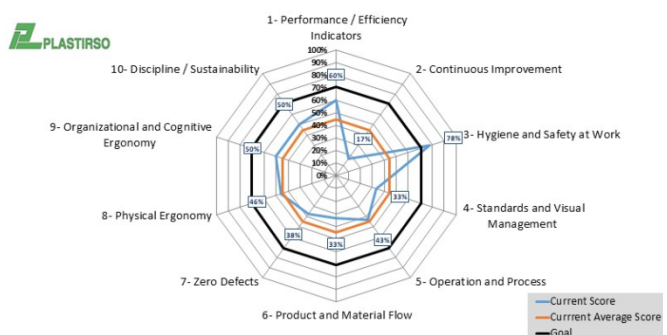


Figure 8. Radial graphic of cutting.

As the three areas had the same score, the indicators with the lowest score were analyzed. Since the OEE in the printing sector is presented as the lowest of the 3 items, it was selected this area for optimizing.

Analyzing the radial graph of this sector, it is detected that the areas of Continuous Improvement, Organizational and Cognitive Ergonomy and the Operations and Processes obtained low scores.

The area of organizational and cognitive ergonomics shows also a low score due to errors in the introduction of production records on tablets. These errors arise due to worker distractions, because they are doing several tasks at the same time. One of the problems is also linked to the fact that there is no job rotation and no rest breaks, leading to psychological exhaustion and tiredness.

Other problems were also identified after an analysis of the current situation:

- Execution of external tasks during the setup, which includes the preparation of raw materials, preparation of clichés and ink;
- Time lag between the operator and the shift manager leading to waits. The shift manager took too long to search for the

material, as there were no locations in the warehouse, the material was scattered throughout the factory.

In order to reduce these kind of wastes, reduce the setup time, and improve the working conditions at the same time, the team proposed the use of the ErgoSMED tool.

The equipment selected to implement this tool was Imp.03 because it had the longest setup time (Figure 9) and it is also responsible for producing the reference with the highest current volume.

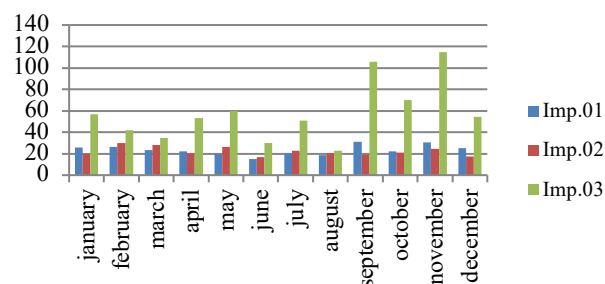


Figure 9. Average Setup time (min) of the Impression machines.

Before the implementation of the ErgoSMED tool, the project team held some training sessions in the classroom, within the scope of several Lean Manufacturing concepts and Ergonomics.

The first step was the separation of the internal and external tasks of the setup. It was identified a total of 13 tasks, 8 external and 5 internal tasks (Table 2).

Table 2 - Distribution of changeover time in external and internal activities

| Tasks | Percentage | Time (min) |
|----------|------------|-------------|
| External | 42% | 29.5 |
| Internal | 58% | 41 |
| Total | | 70.5 |

Next step was the implementation of measures to reduce the time of the internal tasks by automate several manual tasks, such as: placing the cylinders in the machine and cleaning the ink cartridges. In this step, the team used the ErgoSMED tool in order to improve productivity by reducing the setup time, considering ergonomic aspects at the same time.

After the implementation of these improvements, there was a 50% reduction in setup time (Table 3).

Table 3 – Results of the setup stime after improvmnts

| Tasks | Percentage | Time (min) |
|----------|------------|-------------|
| External | 49% | 29.5 |
| Internal | 51% | 31 |
| Total | | 60.5 |

The final step was the implementation of standards in this area, such as: Work Instructions and 5S Audits.

The team returned to use the ErgoSafeCI tool in the printing area, to verify if the score improved in the areas where the improvements were made (Figure 10).

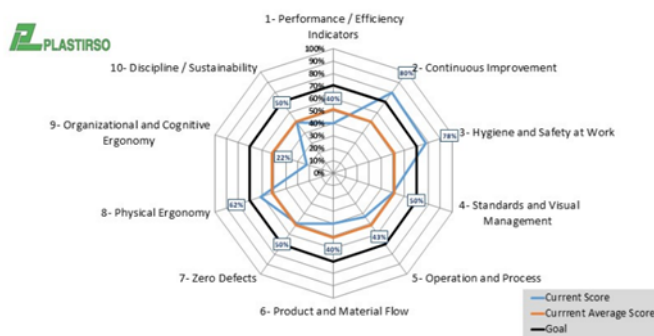


Figure 10. Radial graphic of Impression after improvements

The score went up to 51%, through the improvement of Continuous Improvement, Physical Ergonomics and Operations and Process areas.

Nex step will be the implementation of improvement measures in Organization and Cognitive Ergonomics, the area with the lowest score at the moment.

5. Conclusions

[40] claim ergonomics can be the basis for Lean transformation by cutting the related wastes, and Lean transformation can lead to the lowering of ergonomic risk.

Effective ergonomics methods can increase productivity, lower work injuries and make workstation design and layout better.

Ergonomic intervention may at the same time be seen as a tool in bringing wasteful motion levels down, through identifying ergonomic risk factors while working. “Waste” motions in ergonomics, for instance stretching, bending, awkward postures and extreme reaches may not only impact the safety and health of workers negatively but at the same time reduce productivity and efficiency [41].

During this study, there was an opportunity to validate and improve the ErgoSafeCI tool and also support studies previously carried out, which demonstrated that ergonomic risks could lead to Lean wastes and vice versa, which means that workplace ergonomics and Lean manufacturing are very closely connected to one another. Ergonomics can be the basis for a Lean transformation and a Lean transformation can in turn result in the reduction of ergonomic risk [40].

In fact, this work made it possible to prove that through the implementation of Lean tools and considering the ergonomic aspects it is possible to improve a company's productivity as well as the work conditions of the worker.

It was also possible, during this work, to improve the assessment tool. However, it is necessary to validate it in other productive and non-productive sectors.

The team also identified some areas for improvement in the tool. It should not only show results but also guide the user in choosing the tools or methods to be used to improve critical sectors, that is, the ones evaluated with the lowest scores. One possible solution would be for the tool to suggest other Lean tools or more specific methods of ergonomic analysis.

References

- [1] Jasti N.V.K. and Kodali R. A literature review of empirical research methodology in Lean manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*. 2014; Vol. 34 No. 8, pp. 1080-1122.
- [2] Adrian Pugna R. N. Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company. *SIM 2015/13th International Symposium in Management*. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2016; 221: 308–316.
- [3] Shamah R.A.M. A model for applying Lean thinking to value creation. *International Journal of Lean Six Sigma*. 2013; Vol. 4 No. 2, pp. 204-224.
- [4] Sharma V., Dixit A.R. and Qadri M.A. Modeling Lean implementation for manufacturing sector. *Journal of Modelling in Management*. 2016; Vol. 11 No. 2, pp. 405-426.
- [5] Womack J.P., Jones D.T. and Roos D. *The Machine That Changed the World*. Macmillan, New York, NY. 1990.
- [6] Liker J. and Rother M. Why lean programs fail. *Lean Enterprise Institute*. 2011; pp. 1-5.
- [7] Bortolotti T., Boscari S. and Danese P. Successful lean implementation: organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*. 2015; Vol. 160, pp. 182-201.
- [8] Gupta A. and Kundra T.K. A review of designing machine tool for leanness. *Sadhana*. 2012; Vol. 37 No. 2, pp. 241-259.
- [9] Ahmad A., Mehra S. and Pletcher M. The perceived impact of JIT implementation on firms' financial/growth performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2004; Vol. 15 No. 2, pp. 118-130.
- [10] Zhu X. and Lin Y. Does lean manufacturing improve firm value? *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2017; Vol. 28 No. 4, pp. 422-437.
- [11] Bhasin S. and Burcher P. Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2006; Vol. 17 No. 1, pp. 56-72.
- [12] Bhamu J. and Sangwan K.S. Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*. 2014; Vol. 34 No. 7, pp. 876-940.
- [13] Naranjo-Flores A.A. and Ramírez-Cárdenas E. Human factors and ergonomics for lean manufacturing applications. *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*, Springer, Cham. 2014; pp. 281-299.
- [14] Nunes I.L. Integration of ergonomics and lean six sigma: a model proposal. *Procedia Manufacturing*. 2015; Vol. 3, pp. 890-897.
- [15] Westgaard R.H. and Winkel J. Occupational musculoskeletal and mental health: significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – a systematic review. *Applied Ergonomics*. 2011; Vol. 42 No. 2, pp. 261-296.
- [16] Totorella G.L., Vergara L.G.L. and Ferreira E.P. Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices adoption. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017; Vol. 89, pp. 3407-3418.

- [17] Fiore C. *Lean Execution: The Basic Implementation Guide for Maximizing Process Performance*. CRC Press, Taylor and Francis Group. 2016.
- [18] Wilson R. Guarding the LINE. *Industrial Engineer*. 2005; Vol. 37 No. 4, pp. 46-49.
- [19] Kester J. A lean look at ergonomics. *Industrial Engineer*. 2013; Vol. 4 No. 3, pp. 28-32.
- [20] Scheel C. and Zimmermann C.L. Lean ergonomics - successful implementation within a kaizen event. 5th Annual lean Management Solutions, Conference and Exposition Conference Proceedings 2005. 2005.
- [21] Wan H. and Chen F.F. Decision support for lean practitioners: a web-based adaptive assessment approach. *Computers in Industry*. 2009; Vol. 60 No. 4, pp. 277-283.
- [22] Liker J.K. *Becoming lean: Inside Stories of US Manufacturers* Productivity Press, New York, NY. 1997.
- [23] Brito M., Ramos A.L., Carneiro P. & Gonçalves M.A. An operational tool for assess continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*. 2019.
- [24] Hines P. and Rich N. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*. 1997; Vol. 17 No. 1, pp. 46-64.
- [25] Rother M. and Shook J. *Learning to See – Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The lean Enterprise Institute, Brookline, MA. 1998.
- [26] Karlsson C. and Ahlstrom P. Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations and Production Management*. 1996; Vol. 16 No. 2, pp. 22-41.
- [27] Soriano-Meier H. and Forrester P.L. A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. *Integrated Manufacturing Systems*. 2002; Vol. 13 No. 2, pp. 104-109.
- [28] Feld W.M. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. St. Lucie Press, Alexandria, VA. 2000.
- [29] Conner G. *Lean Manufacturing for the Small Shop*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI. 2001.
- [30] Sanchez A.M. and Perez M.P. Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations and Production Management*. 2001; Vol. 21 No. 11, pp. 1433-1451.
- [31] Allen J, Robinson C. and Stewart D. (2001). *Lean Manufacturing: A Plant Floor Guide*. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI. 2001.
- [32] Saurin T.A., Marodin G.A. and Ribeiro J.L.D. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. *International Journal of Production Research*. 2011; Vol. 49 No. 11, pp. 3211-3230.
- [33] Jarebrant C, Winkel J, Hanse J.J., Mathiassen S.E. and Ojmertz B. ErgoVSM: a tool for integrating value stream mapping and ergonomics in manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries*. 2016; Vol. 26 No. 2, pp. 191-204.
- [34] Gonçalves M.T. and Saloniitis K. Lean assessment tool for workstation design of assembly lines. *Procedia CIRP*. 2017; Vol. 60, pp. 386-391.
- [35] Eden C, Huxham C. Action research for management research. *Br. J. Manag.* 1996; 7 (1): 75–86.
- [36] Coughlan P, Coghlan D. Action research for operations management. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2002; 22 (2): 220–40.
- [37] Susman GI, Evered RD. An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Adm. Sci. Q.* 1978; 23 (4): 582-603.
- [38] Bryman A, Bell E. *Business Research Methods*. 3rd edition. Oxford University Press. 2011.
- [39] Brito M., & Gonçalves M.A. (2019, Setembro). ErgoSMED: A Methodology to Reduce Setup Times and Improve Ergonomic Conditions. Poster apresentado na 2th International Conference on Human Systems Engineering and Design: Future Trends and Applications (IHSED 2019), Munique (Germany).
- [40] Aqlan F., Lam S.S., Testani M. and Ramakrishnan S. Ergonomic risk reduction to enhance lean transformation. *IIE Annual Conference and Expo 2013*. 2013; pp. 989-997.
- [41] Yusuff R.M. and Abdullah N.S. Ergonomics as a lean manufacturing tool for improvements in a manufacturing company. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 2016; 8-10, pp. 581-588.

ANEXO II

'Código VBA associado á primeira janela

Private Sub CommandButton1_Click()

PaginaInicial.Hide

Questionario_Cabecalho.Show

'apagar folha de dados

Sheets("Questões").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-36

Range("D15:G15").Select

Selection.ClearContents

Range("K19:M116").Select

Selection.ClearContents

ActiveWindow.SmallScroll Down:=87

Range("S120").Select

Selection.ClearContents

Sheets("Capa").Select

End Sub

Private Sub Label1_Click()

End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

//

'Código VBA associado á janela onde se insere os dados do cabeçalho

Private Sub CommandButton1_Click() 'seguinte

Questionario_Cabecalho.Hide

Questionario_1.Show

End Sub

Private Sub Label3_Click()

End Sub

Private Sub Label4_Click()

End Sub

Private Sub TextBox1_Change() ' auditores

Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("D15").Value = TextBox1.Text

End Sub

Private Sub TextBox2_Change() 'sector

Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("E15").Value = TextBox2.Text

End Sub

Private Sub TextBox3_Change() 'data auditoria

Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("F15").Value = TextBox3.Text

End Sub

Private Sub TextBox4_Change() 'ultima pontuação

Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("G15").Value = TextBox4.Text

End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

//

'Código VBA associado à janela onde se escolhe a aplicabilidade de uma capítulo

Private Sub CommandButton1_Click() 'aplicavel

 Questionario_1.Hide

 Questionario_1x1.Show

End Sub

Private Sub CommandButton2_Click() 'nao aplicavel

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K19") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L19") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M19") = "X"

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K20") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L20") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M20") = "X"

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K21") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L21") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M21") = "X"

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K22") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L22") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M22") = "X"

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K23") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L23") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M23") = "X"

 Questionario_1.Hide

 Questionario_2.Show

End Sub

Private Sub TextBox1_Change()

End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

//

'Código VBA associado à janela onde se seleciona a resposta à pergunta do questionário

Private Sub OptionButton1_Click() 'sim

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K19") = "X"

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L19") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M19") = ""

 Questionario_1x1.Hide

 Questionario_1x2.Show

End Sub

Private Sub OptionButton8_Click() 'não

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K19") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L19") = "X"

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M19") = ""

 Questionario_1x1.Hide

 Questionario_1x2.Show

End Sub

Private Sub OptionButton5_Click() 'não aplicavel

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("K19") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("L19") = ""

 Workbooks("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range("M19") = "X"

```
Questionario_1x1.Hide
Questionario_1x2.Show
End Sub
```

```
Private Sub TextBox1_Change()
    TextBox1.Text = Worksheets("ErgoSafeCI_e.xls").Sheets("Questões").Range(C19)
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Click()
End Sub
```

```
////////////////////////////////////
```

'Código VBA associado à janela de conclusão do questionário

```
Private Sub CommandButton1_Click() 'criar gráficos
    Questionario_FimQuestionario.Hide
    TratarDados.CarregarRespostas
End Sub
```

```
Private Sub Label1_Click()
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Click()
End Sub
```

```
////////////////////////////////////
```

'Código VBA associado à janela final onde são apresentados os resultados

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
FicheiroPDF = ThisWorkbook.Path & Application.PathSeparator & "APOIO PARA ÁREAS A  
TRABALHAR.pdf"
```

```
ThisWorkbook.FollowHyperlink FicheiroPDF 'Associar documento PDF ao botão
```

```
End Sub
```

```
Private Sub image1_BeforeDragOver(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean, ByVal Data As  
MSForms.DataObject, ByVal X As Single, ByVal Y As Single, ByVal DragState As MSForms.fmDragState,  
ByVal Effect As MSForms.ReturnEffect, ByVal Shift As Integer)  
End Sub
```

```
Private Sub image2_BeforeDragOver(ByVal Cancel As MSForms.ReturnBoolean, ByVal Data As  
MSForms.DataObject, ByVal X As Single, ByVal Y As Single, ByVal DragState As MSForms.fmDragState,  
ByVal Effect As MSForms.ReturnEffect, ByVal Shift As Integer)  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox1_Change()
End Sub
```

```
Private Sub TextBox2_Change()
End Sub
```

```
Private Sub TextBox3_Change()
End Sub
```

```
Private Sub TextBox4_Change()
End Sub
```

```
Private Sub TextBox5_Change()
End Sub
```

```
Private Sub TextBox6_Change()
End Sub
```



```
Private Sub TextBox7_Change()  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox8_Change()  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox9_Change()  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox10_Change()  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox11_Change()  
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Initialize()  
.....
```

```
' Colocar gráfico na janela
```

```
' selecionar gráfico
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("Resultados").Select
```

```
Set grafico1 = Sheets("Resultados").ChartObjects("Gráfico 70").Chart
```

```
' guardar gráfico como imagem jpgfco, FilterName:="JPG"
```

```
NomeGrafico = ThisWorkbook.Path & Application.PathSeparator & "temp.jpg"
```

```
grafico1.Export Filename:=NomeGrafico
```

```
' chamar gráfico e mostra-lo
```

```
image1.Picture = LoadPicture(NomeGrafico)
```

```
.....
```

```
" Colocar tabela na janela
```

```
' selecionar tabela "gráfico"
```

```
ActiveWorkbook.Worksheets("auxiliar tabela dinamica").Select
```

```
ActiveSheet.ChartObjects("Gráfico 1").Activate
```

```
ActiveChart.PivotLayout.PivotTable.PivotCache.Refresh
```

```
Set tabela1 = Sheets("auxiliar tabela dinamica").ChartObjects("Gráfico 1").Chart
```

```
' guardar gráfico como imagem jpg
```

```
NomeTabela = ThisWorkbook.Path & Application.PathSeparator & "temp1.jpg"
```

```
tabela1.Export Filename:=NomeTabela, FilterName:="JPG"
```

```
' chamar gráfico e mostra-lo
```

```
image2.Picture = LoadPicture(NomeTabela)
```

```
.....
```

```
' mostrar resultado obtido no userform
```

```
" Pontuação média atual
```

```
TextBox1.Text = "Pontuação Média Atual: " & Int(Sheets("auxiliar").Range("D16")) & "%"
```

```
With TextBox1
```

```
.Font.Size = 14
```

```
End With
```

```
.....
```

```
" Objetivo
```

```
TextBox2.Text = "Objetivo: " & Int(Sheets("auxiliar").Range("E16")) & "%"
```

```
With TextBox2
```

```
.Font.Size = 16
```

```
End With
```

```

=====
" Titulo
    TextBox4.Text = "Auditoria Posto / Linha Produção"
    With TextBox4
        .Font.Size = 25
    End With

=====

" Auditores
    TextBox7.Text = "Auditores: "
    With TextBox7
        .Font.Size = 12
    End With

    TextBox5.Text = Sheets("Questões").Range("D15")
    With TextBox5
        .Font.Size = 12
    End With

=====

" Sector
    TextBox6.Text = Sheets("Questões").Range("E15")
    With TextBox6
        .Font.Size = 12
    End With

    TextBox9.Text = "Sector: "
    With TextBox9
        .Font.Size = 12
    End With

=====

" Data auditoria
    TextBox10.Text = "Data Auditoria: "
    With TextBox10
        .Font.Size = 12
    End With

    TextBox11.Text = Sheets("Questões").Range("F15")
    With TextBox11
        .Font.Size = 12
    End With

=====

" Última pontuação
    TextBox12.Text = "Ultima Pontuação: "
    With TextBox12
        .Font.Size = 12
    End With

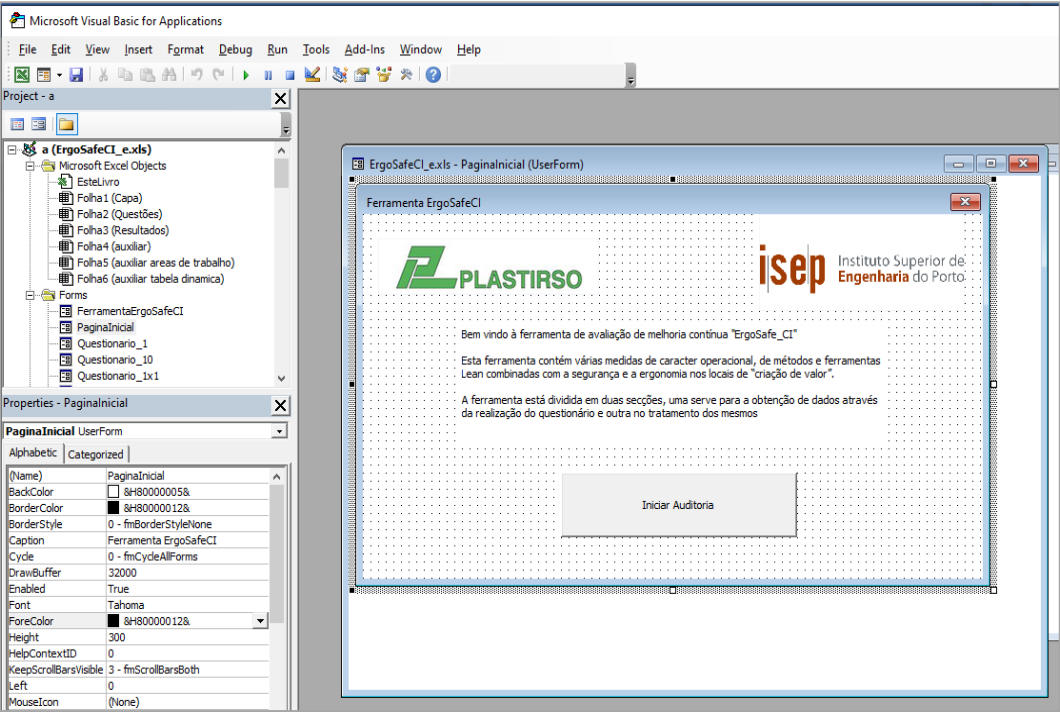
    TextBox13.Text = Sheets("Questões").Range("G15") & "%"
    With TextBox13
        .Font.Size = 12
    End With

End Sub

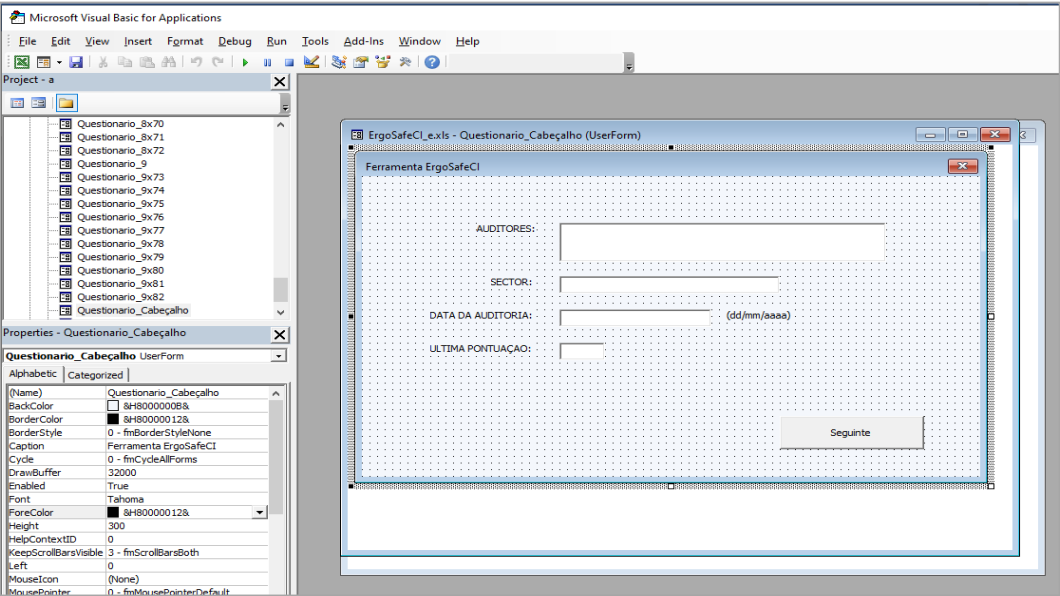
Private Sub FerramentaErgoSafeCI_Click()
End Sub

```

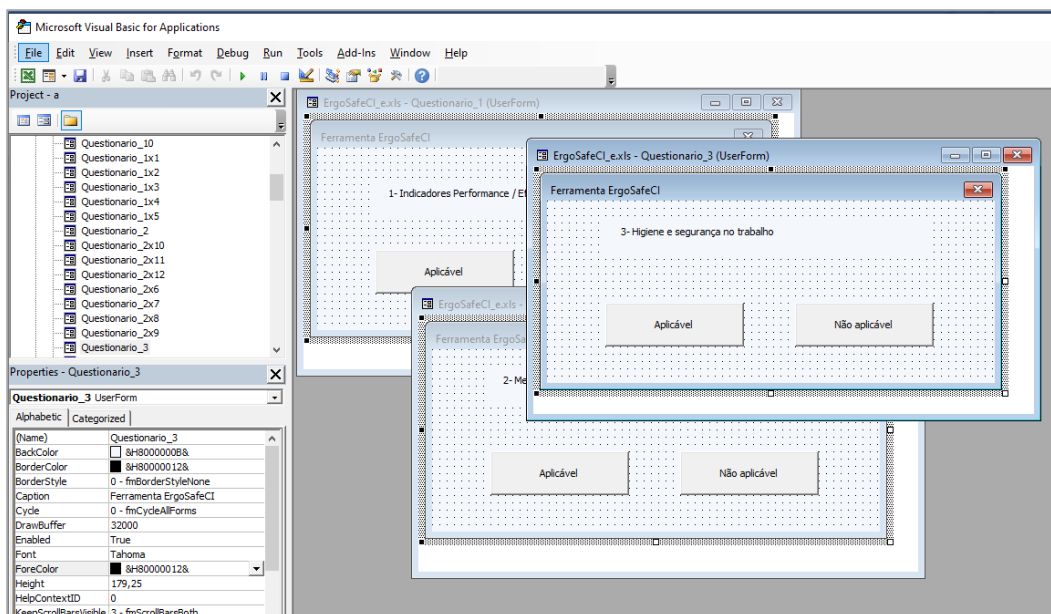

ANEXO III



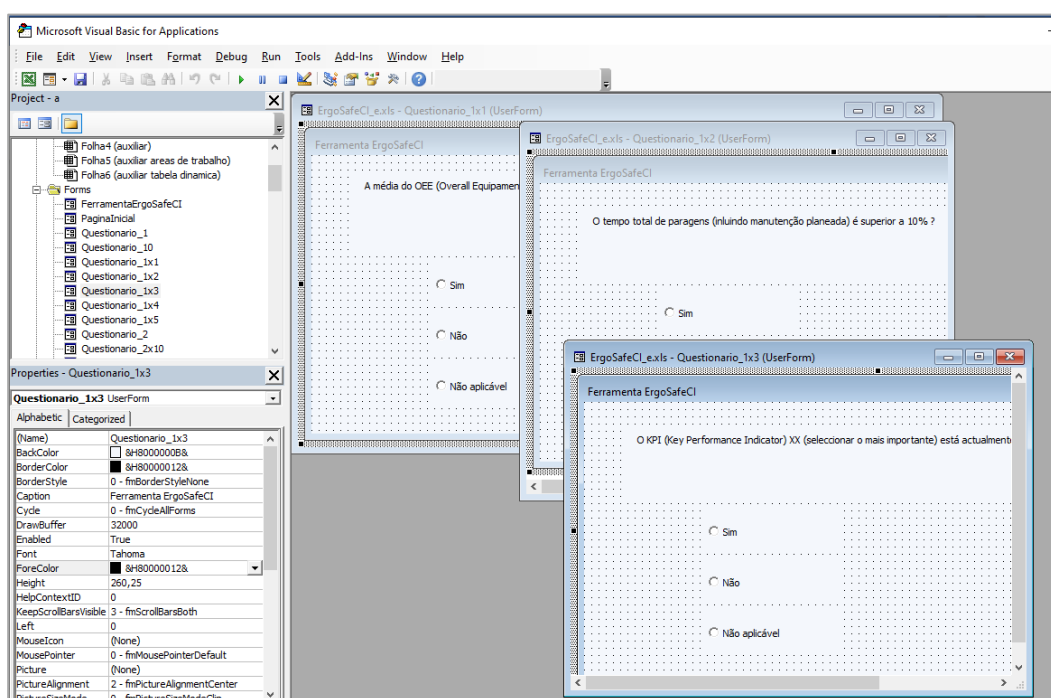
1 - Edição do layout da janela de apresentação



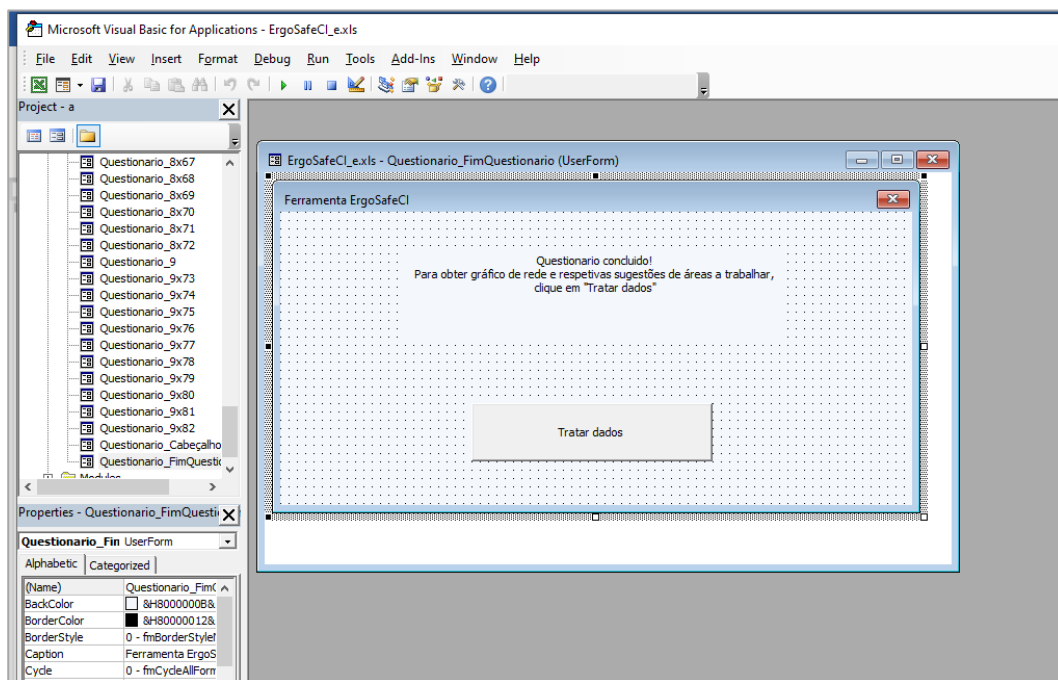
2 - Edição do layout da janela onde se introduz os dados da avaliação



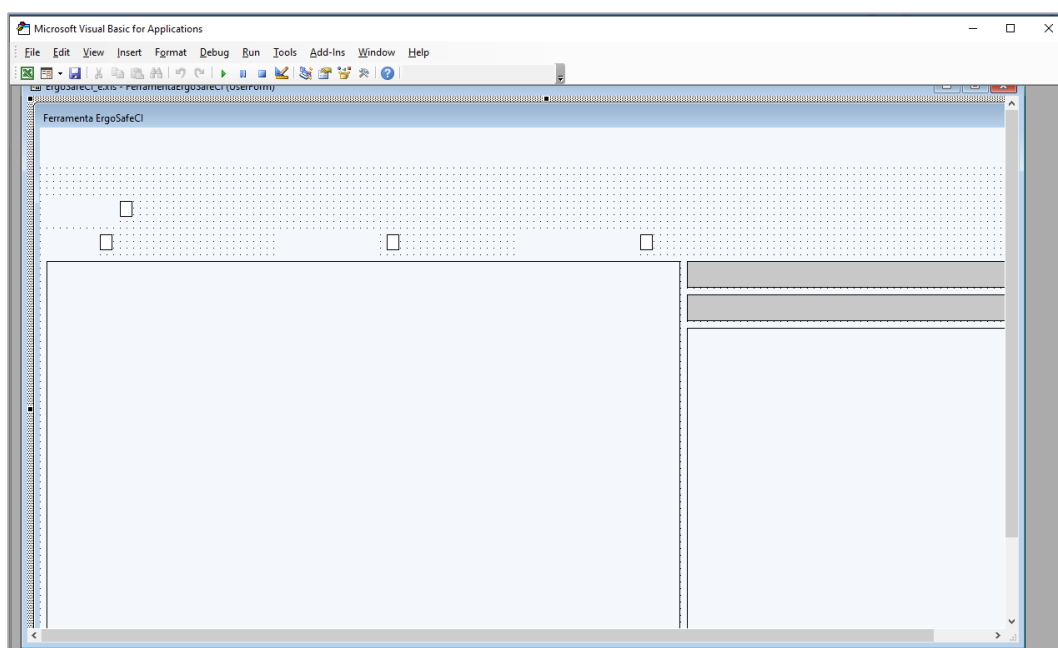
3 - Edição do layout da janela para selecionar se a área é aplicável



4 - Edição do layout da janela para selecionar a resposta a cada pergunta (Sim; Não; Não aplicável)



5 - Edição do layout da janela que finaliza o questionário



6 - Edição do layout da janela final com os resultados obtidos

ANEXO IV

Associação das Ferramentas / Domínios a trabalhar

| # | 1- Indicadores Performance / Eficiência | Ferramentas / Domínios associados |
|----|---|--|
| 1 | A média do OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) é superior a 85%? | → TPM |
| 2 | O tempo total de paragens (incluindo manutenção planeada) é superior a 10%? | → SMED |
| 3 | O KPI (<i>Key Performance Indicator</i>) XX (seleccionar o mais importante) está actualmente dentro do objectivo? | → TPM |
| 4 | Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses? | → Medidas HST |
| 5 | Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise? | → Análise Ergonómica Posto-EWA |
| # | 2- Melhoria Contínua | |
| 6 | Todos os indicadores avaliados no ponto anterior + lead time têm vindo a melhorar? | → Liderança Lean |
| 7 | Os standards são revistos e melhorados mensalmente? | → Liderança Lean |
| 8 | Existe o mapa actual e futuro do fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ? | → VSM |
| 9 | O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc...)? | → Formação em Lean |
| 10 | Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria frequentemente (mínimo uma vez de 6 em 6 meses)? | → Liderança Lean |
| 11 | O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nos últimos 6 meses? | → Liderança Lean |
| 12 | Está previsto tempo diário dedicado à melhoria contínua, envolvendo toda a equipa (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min)? | → Reuniões Kaizen Diárias |
| # | 3- Higiene e segurança no trabalho | |
| 13 | Tem havido muitos acidentes ou consultas médicas? | → Medidas HST |
| 14 | A temperatura ambiente é desconfortável (quente ou fria) ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso)? | → Medidas HST (Avaliação da Temperatura) |
| 15 | Há libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho? | → Medidas HST (Avaliação de |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | | | potenciais fatores de risco profissional) |
| 16 | O ruído é elevado ou irritante (ex: perturba a conversação ou concentração do trabalhador)? | → | Medidas HST (Avaliação de ruídos) |
| 17 | A iluminação é boa (ex: está adequadamente colocada, é estável, o olhar do operador não tem de alternar entre zonas claras e escuras, etc...)? | → | Medidas HST (Avaliação da iluminação) |
| 18 | As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador? | → | Automatização de processos |
| 19 | O solo apresenta fendas ou descontinuidades? | → | Medidas HST |
| 20 | Os trabalhadores estão conscientes da existência de risco e estão informados de como se devem proteger e/ou evitar o mesmo (exemplo: formação nas áreas segurança, EPI's, ergonomia)? | → | Formação (Formação em HST) |
| 21 | A disposição do local de trabalho é susceptível de provocar acidentes? | → | Relayout |
| 22 | A realização da operação envolve risco de acidentes (exemplo: a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar, etc...)? | → | Medidas HST (Avaliação de potenciais fatores de risco profissional) |

4- Standards e Gestão Visual

| | | | |
|----|--|---|------------------------|
| 23 | Existem todos os standards necessários ao posto/área de produção (avaliar, no mínimo: IT, plano limpeza, plano manutenção, matriz escalonamento, matriz polivalências, limites de reacção, auditorias 5S, etc...)? | → | Elaboração Standards |
| 24 | Todos os Standards e planos de acções para a resolução de problemas e implementação de melhorias estão devidamente colocados no posto de trabalho (estão visíveis ou são de fácil acesso)? | → | 5S |
| 25 | Os Standards são visuais e de simples interpretação, ou seja, recorrem a figuras, imagens, fotos? | → | Gestão Visual |
| 26 | O trabalhador executa a operação de acordo com o standard (cumpre a IT dentro do tempo estimado)? | → | Auditorias (Operações) |
| 27 | Está implementado o TPM (Total Productive Maintenance) ao posto ou linha de produção? | → | TPM |
| 28 | São realizadas auditorias 5S? | → | 5S |
| 29 | Os primeiros 3S não estão totalmente aplicados (Exemplo: existe algum equipamento que não funcione ou obsoleto no local trabalho, existem materiais ou ferramentas por identificar, o posto trabalho não apresenta estar limpo, etc...)? | → | 5S |

| | | |
|----|---|-----------------|
| 30 | Toda a informação sobre os targets diários de produção (ex: quantidades a produzir vs quantidades produzidas, paragens produção, performance da equipa, etc...) estão visíveis (ex: Andon)? | → Andon |
| 31 | Existe um sinal luminoso de aviso de paragem de linha ("pull the cord")? | → Andon |
| 32 | Existe um quadro de nivelamento onde os cartões Kanban de produção são colocados da esquerda para a direita com incrementos correspondentes ao <i>pitch</i> ? | → Heijunka |
| 33 | Os cartões Kanban contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção? | → Gestão Visual |

5- Operação e processo

| | | |
|----|---|--|
| 34 | O trabalho é organizado por equipas de trabalho em que todos têm formação para desempenhar qualquer função? | → Grupos Trabalho Multifuncionais |
| 35 | A linha está balanceada? | → Balanceamento |
| 36 | Qualquer pessoa pode parar a linha/produção se um problema ocorrer? | → Andon |
| 37 | Existem desperdícios relacionados com tempos de espera, transportes ou movimentações? | → VSM |
| 38 | O trabalhador executa operações que não acrescentam valor (ex: abastecimentos, setups, sobreprocessamento, etc)? | → VSM |
| 39 | Os tempos de setup ultrapassam os 10 min ou existem tarefas internas no setup que podem ser passadas para tarefas externas? | → SMED |
| 40 | Existe alguma operação manual possível de ser feita de forma automática (recorrendo a automatismos)? | → Automatização de processos (Tarefas manuais) |

6- Fluxo de material e produto

| | | |
|----|---|----------------------------|
| 41 | O layout está organizado de forma a que seja possível haver fluxo (ex: célula de fabrico)? | → Relayout |
| 42 | O layout é flexível, ajustando-se rapidamente a flutuações da procura de cliente superiores 25%? | → Relayout |
| 43 | O planeamento é colocado num único posto de produção (pacemaker)? | → Implementar Sistema Pull |
| 44 | As quantidades planeadas correspondem ao <i>pitch</i> (TackT X quantidade de transferência que pode ser quantidade da embalagem)? | → Implementar Sistema Pull |
| 45 | O posto ou linha de produção produz apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita (informação dada através de cartões kanban)? | → Implementar Sistema Pull |
| 46 | É produzida e enviada para o processo seguinte uma peça de cada vez (<i>one-piece-flow</i>), em fluxo contínuo, não havendo necessidade de WIP? | → One Piece Flow |
| 47 | São usados supermercados onde não é possível o fluxo contínuo (exemplo: setups elevados, processos distantes, etc...)? | → Supermercados |
| 48 | A produção é nivelada? | → Heijunka |

| | | |
|----|---|---------------|
| 49 | O EPEI (Every Part Every Interval) é o menor possível? | → SMED |
| 50 | O abastecimento de materiais ao posto ou linha produtiva é efectuado de forma normalizada (através de Kanbans e com horário e rota definida)? | → Mizusumachi |

7- Zero Defeitos

| | | |
|----|---|---------------------------|
| 51 | É o próprio trabalhador no posto que faz a inspecção da qualidade, ou seja, a verificação da qualidade é efectuada durante o processo e não no fim? | → Zero Defeitos |
| 52 | A operação produz peças Nok de sucata ou rework? | → Zero Defeitos |
| 53 | Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu? | → Zero Defeitos |
| 54 | Todos os problemas ou desvios aos standards têm um plano de acções associado (PDCA)? | → A3 |
| 55 | O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (exemplo: usando os 5 porquês)? | → A3 |
| 56 | O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer? | → Formação em <i>Lean</i> |
| 57 | Existem sistemas anti-erro (poka-yokes)? | → Poka Yoke |
| 58 | O cumprimento do Fifo é garantido? | → FIFO |

8- Ergonomia física

| | | |
|----|--|---|
| 59 | O trabalhador adota uma postura essencialmente estática? | → Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura) |
| 60 | O trabalhador tem espaço suficiente (ex: espaço de movimentação, espaço para a execução do trabalho)? | → Análise Ergonómica Posto-EWA |
| 61 | O trabalhador tem que usar uma cadeira não ajustável? | → Análise Ergonómica Posto-EWA (Melhoria ergonómica) |
| 62 | A força necessária para executar o trabalho e/ou os pesos manipulados são excessivos (superior a 2Kg)? | → Análise Ergonómica Posto-EWA (Movimentação manual de carga) |
| 63 | O trabalho exige o uso ou a manipulação frequente de ferramentas manuais? | → Automatização de processos |
| 64 | O esforço é repetido de forma contínua e por pelo menos uma hora? | → Análise Ergonómica |

| | | | |
|----|--|---|---|
| | | | Posto-EWA (Postura) |
| 65 | O trabalhador é obrigado a repetir as mesmas operações a uma cadência elevada (4X/min)? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura) |
| 66 | O trabalhador tem que levantar ou transportar pesos elevados (acima de 10 kg)? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA (Movimentação manual de carga) |
| 67 | O plano de trabalho parece ser demasiado alto ou baixo para o trabalhador? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA |
| 68 | O trabalhador tem que assumir uma posição não natural ou forçada a fim de conseguir ver os mostradores, detalhes do trabalho ou para alcançar manípulos, peças, etc? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA |
| 69 | O trabalhador adopta alguma das seguintes posturas para efectuar a tarefa: braços levantados, torção e/ou flexão do tronco ou pescoço? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura) |
| 70 | O trabalhador estende, flexa ou faz rotação do punho para executar a tarefa? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura) |
| 71 | O trabalhador realiza pegadas manuais do tipo "de pinça" (com os dedos), com alguma frequência? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura) |
| 72 | O trabalhador tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objectos estando o tronco curvado, torcido ou inclinado para trás? | → | Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura) |

9- Ergonomia organizacional e cognitiva

| | | | |
|----|---|---|---------------|
| 73 | O <i>layout</i> permite contactos sociais? | → | Balanceamento |
| 74 | O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador? | → | Balanceamento |
| 75 | As tarefas de trabalho ou métodos são completamente restringidos pelas máquinas? | → | Balanceamento |
| 76 | Existe rotatividade entre os postos de trabalho tendo em consideração os grupos musculares? | → | Balanceamento |
| 77 | O nível de atenção exigido pelo trabalho é elevado? | → | Balanceamento |

| | | | |
|----|--|---|----------------------|
| 78 | Há queixas frequentes dos trabalhadores devido ao stress ou pressão causada pelo trabalho? | → | Balanceamento |
| 79 | São frequentes os enganos dos trabalhadores? | → | Poka Yoke |
| 80 | O tempo de formação para este Posto de Trabalho é demasiado longo? | → | Balanceamento |
| 81 | O trabalho é constituído por tarefas sem ambiguidade e com informação exposta de forma clara? | → | Elaboração Standards |
| 82 | O plano de trabalho prevê pausas para descanso? Se sim, têm duração suficiente para permitir uma recuperação completa? | → | Pausas |

10- Disciplina / Sustentabilidade

Avaliar o cumprimento dos standards:

| | | | |
|----|---|---|------------------------------|
| | 0 - nenhum standard é cumprido | | 0% _Liderança <i>Lean</i> |
| 83 | 25 - 25% dos standards são cumpridos | → | 25%- |
| | 50 - 50% dos standards são cumpridos | | 75%_Auditorias |
| | 75 - 75% dos standards são cumpridos | | 100%_ " " |
| | 100 - 100% dos standards são cumpridos | | |

Manual de utilização da ferramenta ErgoSafeCI_e

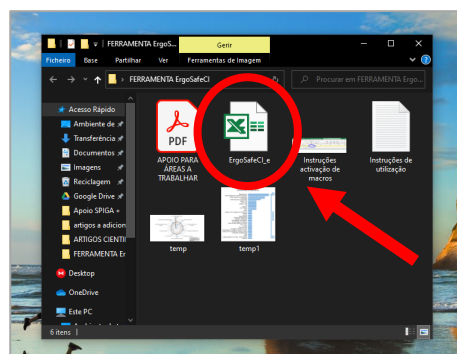
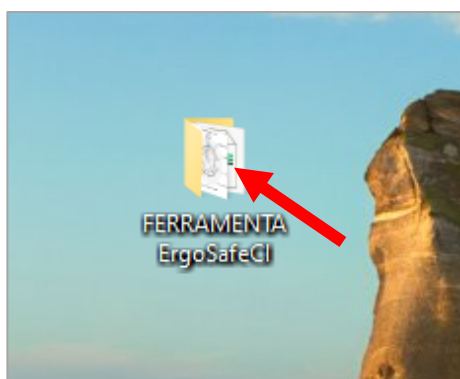
A ferramenta ErgoSafeCI visa melhorar a ergonomia e as condições de segurança de um posto de trabalho tendo sempre em conta os indicadores de produtividade.

A ferramenta baseia-se numa lista de verificação que consiste em 83 questões de avaliação divididas em 10 secções, sendo elas a eficiência, melhoria continua, padrões de segurança, gestão visual, processos e operações, fluxo de material, zero defeitos, ergonomia organizacional e cognitiva e disciplina / Sustentabilidade.

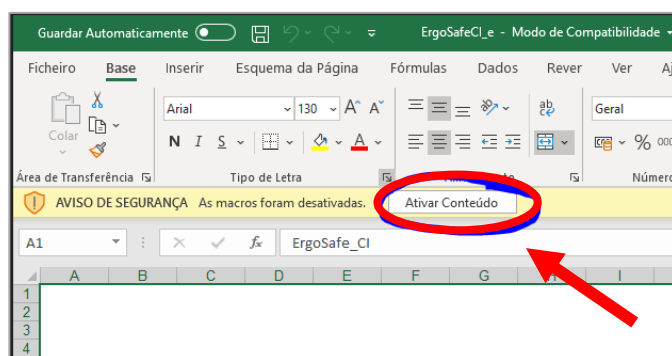
O resultado das respostas a estas questões é um indicador visual (gráfico radial), que apresenta o resultado obtido em cada uma das 9 secções anteriormente referidas. Assim como um gráfico de barras com as áreas a trabalhar ordenadas pela sua prioridade.

A ferramenta funciona de uma maneira muito simples, intuitiva e visual. O processo é o seguinte:

1. Iniciar a ferramenta abrindo o ficheiro (ErgoSafeCI_e.xls) que se encontra na pasta da ferramenta (FERRAMENTA ErgoSafeCI).



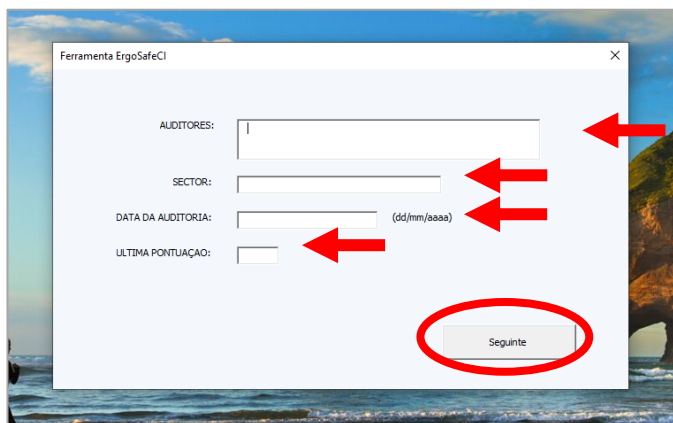
2. Ao abrir o ficheiro aparecerá uma janela Excel onde se encontra um aviso de segurança que pede a permissão para ativar macros existentes na ferramenta. Assim sendo selecionar "Ativar Conteúdo".



3. Com a ativação das macros irá abrir rapidamente a janela inicial da ferramenta, onde se encontra uma breve apresentação da ferramenta e um botão "Iniciar Auditoria" que se deve selecionar para iniciar a avaliação ao posto de trabalho.



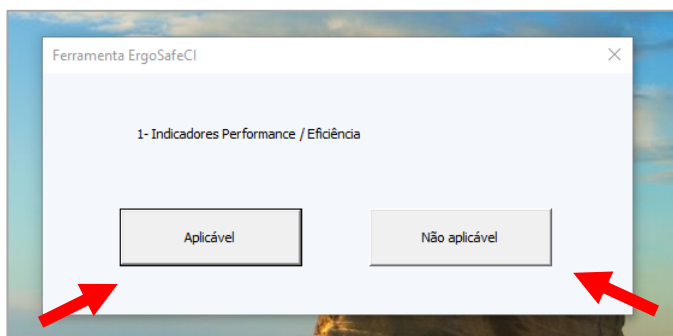
4. Após a iniciação da avaliação será apresentada uma janela onde se terá de preencher todos os dados correspondentes à avaliação. Como por exemplo os Auditores participantes e o Sector que está a ser avaliado. Com tudo preenchido é necessário seleccionar “Seguinte”.



The screenshot shows the 'Ferramenta ErgoSafeCI' window with the following fields and a button:

- AUDITORES: [text input]
- SECTOR: [text input]
- DATA DA AUDITORIA: [text input] (dd/mm/aaaa)
- ULTIMA PONTUAÇÃO: [text input]
- Seguinte button (circled in red)

5. A janela seguinte apresenta a possibilidade de escolher se a secção apresentada é aplicável na avaliação corrente ou não. Em todas as 10 secções de avaliação existentes nesta ferramenta será apresentada esta pergunta para que caso alguma seja “Não Aplicável”, o utilizador não tenha de responder a nenhuma pergunta dessa secção, fazendo com que não perca tempo prestável.

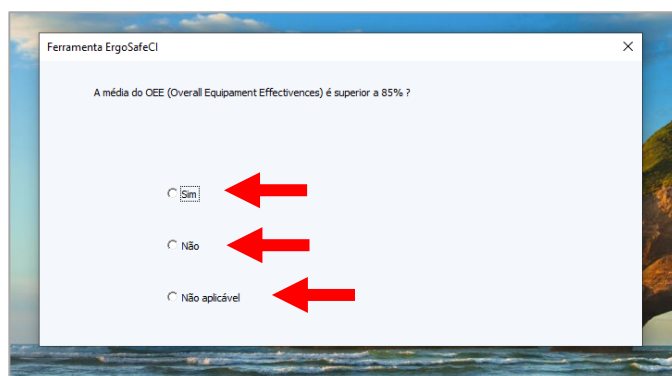


The screenshot shows the 'Ferramenta ErgoSafeCI' window with the following content:

- 1- Indicadores Performance / Eficiência
- Aplicável button
- Não aplicável button

6. Ao seleccionar “Aplicável”, será então apresentada a primeira questão da secção em avaliação. As respostas possíveis são sempre “Sim”, “Não” ou “Não Aplicável”.

Qualquer resposta seleccionada será registada e terá influência na avaliação final.



The screenshot shows the 'Ferramenta ErgoSafeCI' window with the following content:

- A média do OEE (Overall Equipment Effectiveness) é superior a 85% ?
- Sim (radio button)
- Não (radio button)
- Não aplicável (radio button)

7. Após responder a todas as questões da secção, será então apresentada uma janela a questionar a aplicabilidade da próxima secção. Este processo repete-se durante a avaliação das 10 secções existentes nesta ferramenta.

Após a seleção da resposta à última pergunta do questionário, será então apresentada uma janela a indicar que o questionário está concluído. Para realizar o tratamento dos dados e abrir os resultados, terá então de seleccionar o botão “Tratar dados”.



The screenshot shows the 'Ferramenta ErgoSafeCI' window with the following content:

- Questionario concluído!
- Para obter gráfico de rede e respectivas sugestões de áreas a trabalhar, clique em "Tratar dados"
- Tratar dados button (circled in red)

8. Com a seleção do botão “Tratar dados”, surgirá o gráfico final com as pontuações finais e os domínios a trabalhar. Nas pontuações finais temos a “Pontuação Média Atual” que corresponde à média das pontuações obtidas nos 10 indicadores em avaliação, e também temos a pontuação “Objetivo” que está padronizada para adicionar mais 15% há “Pontuação Média Atual”. No entanto esta pontuação objetivo depende totalmente dos objetivos da empresa, sendo possível alterá-la conforme esses objetivos. As pontuações são apresentadas no gráfico de acordo com a legenda do mesmo. A pontuação obtida em cada indicador também é apresentada no gráfico.
- Quanto aos “Domínios a trabalhar” estes são apresentados por ordem de prioridade, sendo que o mais crítico aparece no topo da lista.
- Caso seja necessário algum apoio para perceber em que consiste os domínios sugeridos na ferramenta, poderá seleccionar o botão “APOIO PARA DOMÍNIOS A TRABALHAR” que fará com que seja aberto um documento PDF com breves explicações de todos os domínios sugeridos.

Dados referentes
à avaliação

Pontuações finais
da avaliação

Domínios a
trabalhar

